



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

FERNANDO MORELI SALVADOR

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA RESSERRAGEM DE
REAPROVEITAMENTO DE COSTANEIRAS DE EUCALIPTO PELO
MÉTODO *TIME-DRIVEN ACTIVITY BASED-COSTING***

JERÔNIMO MONTEIRO – ES
2019

FERNANDO MORELI SALVADOR

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA RESSERRAGEM DE
REAPROVEITAMENTO DE COSTANEIRAS DE EUCALIPTO PELO
MÉTODO *TIME-DRIVEN ACTIVITY BASED-COSTING***

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Ciências Florestais do Centro de
Ciências Agrárias e Engenharias da
Universidade Federal do Espírito
Santo, como parte das exigências
para obtenção do Título de Mestre
em Ciências Florestais na Área de
Concentração Ciências Florestais.

Orientador: Prof. D.Sc. Djeison Cesar
Batista

Coorientador: Prof. D.Sc. Wendel
Sandro de Paula Andrade

JERÔNIMO MONTEIRO – ES
2019

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

S182v Salvador, Fernando Moreli, 1989-
Viabilidade econômica da resserragem de reaproveitamento de
costaneiras de eucalipto pelo método time-driven activity based
costing / Fernando Moreli Salvador. - 2018.
66 f. : il.

Orientador: Djeison Cesar Batista.

Coorientador: Wendel Sandro de Paula Andrade.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e
Engenharias.

1. Serrarias. 2. Madeira serrada. 3. Custos industriais. 4.
Processamento da madeira. I. Batista, Djeison Cesar. II.
Andrade, Wendel Sandro de Paula. III. Universidade Federal do
Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. IV.
Título.

CDU: 630

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA RESSERRAGEM DE
REAPROVEITAMENTO DE COSTANEIRAS DE EUCALIPTO PELO MÉTODO
*Time-Driven-Activity-Based-Costing***

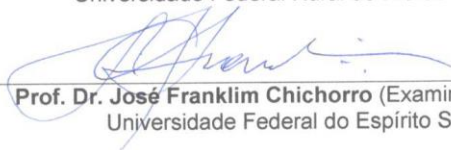
Fernando Moreli Salvador

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2019.



Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho (Examinador externo)
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



Prof. Dr. José Franklim Chichorro (Examinador interno)
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Djeison Cesar Batista (Orientador)
Universidade Federal do Espírito Santo

“A economia de mercado é mais eficiente na seleção natural dos indivíduos do que a política ou a natureza.”

Ludwig von Mises

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, meus pais, Luis Fernando Salvador e Anadir Moreli Salvador, minha irmã Natara Moreli Salvador, pelo apoio que nunca me foi negado nos momentos de dificuldades. Obrigado por contribuir com tantos ensinamentos, conhecimento e palavras de força e ajuda.

Ao orientador, Professor D. Sc. Djeison Cesar Batista e ao coorientador, Professor D. Sc. Wendel Sandro de Paula Andrade, pelos ensinamentos, auxílio e a dedicação em orientar, partilhando comigo as suas ideias, conhecimento e experiências.

Aos meus amigos e companheiros, tanto os da turma, quanto os que conquistei ao longo de minha jornada, e que sempre estiveram ao meu lado, tanto me proporcionando inúmeros momentos de alegria, quanto me apoiando nos meus momentos de dificuldade. Especialmente ao André Prata Villas-Boas Maciel, pelo grande auxílio no projeto e à minha companheira Laísa do Carmo, por todo apoio prestado.

À todas as pessoas que atuam na Universidade Federal do Espírito Santo e no Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, por terem me acolhido e terem sido muito importantes na minha formação como pessoa.

À Serraria Gildo Madeiras, na pessoa do senhor Gildo Freitas Machado, e também aos funcionários, não só pela oportunidade, mas também por toda a ajuda que foi me dada.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

SALVADOR, Fernando Moreli. **Viabilidade econômica da resserragem de reaproveitamento de costaneiras de eucalipto pelo método *Time-Driven Activity Based-Costing***. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientador: Prof. D. Sc. Djeison Cesar Batista. Coorientador: Prof. D. Sc. Wendel Sandro de Paula Andrade.

A matéria-prima representa um dos maiores custos de produção nas serrarias. Por isso, a operação de resserragem de reaproveitamento de costaneiras – que é o resíduo de maior volume – é comumente realizada nas empresas, principalmente as de pequeno porte, que não possuem reflorestamentos próprios. O objetivo deste trabalho foi comparar a viabilidade econômica entre a resserragem de reaproveitamento de costaneiras e da produção de cavacos, em uma serraria que desdobra madeira de eucalipto, com base no método de custeio *Time-Driven Activity Based-Costing* (TDABC). Foram analisadas duas condições (tratamentos) em uma mesma linha de produção: com e sem resserragem de reaproveitamento de costaneiras. A classe diamétrica avaliada foi de 25 a 28 cm. Foi calculado o rendimento em madeira serrada nas duas condições, bem como a discriminação dos resíduos. Os custos e as receitas foram calculados em dois cenários de capacidade prática dos recursos fornecidos (CPRF): 80% (TDABC) e 70% (pessimista). O lucro líquido foi avaliado em três diferentes preços de venda de cavaco: R\$ 10/m³ do granel (pessimista), R\$ 15,00/m³ do granel (atual) e R\$ 20,00/m³ do granel (otimista). Variou-se também a proporção de toras na classe diamétrica avaliada (0 a 100%). Na condição atual, a resserragem para o reaproveitamento das costaneiras seria viável economicamente apenas na CPRF de 80% e com o menor preço dos cavacos (R\$ 10,00/m³ do granel). O método TDABC foi eficiente para a mensuração dos custos e da viabilidade econômica da operação de desdobro analisada, mostrando que a viabilidade econômica dela ocorrerá nas situações de maiores CPRF, menores preços de venda dos cavacos e maiores porcentagens de toras de diâmetros maiores.

Palavras-chave: Madeira serrada. Serrarias. Cavacos. Custos de produção.

ABSTRACT

SALVADOR, Fernando Moreli. **Economic viability of the resawing of eucalyptus slabs: use of the Time-Driven Activity-Based Costing method.**

2019. Dissertation (Masters in Forest Sciences) – Espírito Santo Federal University, Jerônimo Monteiro, ES. Advisor: D. Sc. Djeison Cesar Batista. Co-advisor: Prof. D. Sc. Wendel Sandro de Paula Andrade.

The raw material represents one of the highest costs of production in sawmills. Therefore, the operation of resawing the slabs – the residue of largest volume – is commonly performed in the companies, especially the small ones, that do not have their own supply. The objective of this work was to compare the economic viability of the resawing of slabs vs. the production of chips, in a sawmill that processes eucalyptus wood, based on the Time-Driven Activity-Based Costing (TDABC) method. Two conditions (treatments) were analyzed in the same production line: with and without the resawing of slabs. The diameter class evaluated was 25 to 28 cm. The yield of lumber was calculated for both conditions, as well as the production of residues. Costs and revenues were calculated in two scenarios of Practical Capability of the Resources Provided (PCRP): 80% (TDABC) and 70% (pessimistic). The net profit was evaluated in three different selling prices of chips: R\$ 10/m³ of the bulk volume (pessimistic), R\$ 15,00 / m³ of the bulk volume (current) and R\$ 20,00 / m³ of the bulk volume (optimistic). The proportion of logs in the diametric class evaluated (0 to 100%) was also varied. In the present condition, the resawing of the slabs would be economically feasible only in the PCRP of 80% and with the lowest price of the chips (R\$ 10,00/m³ of the bulk volume). The TDABC method was efficient for measuring costs and economic feasibility of the resawing of slabs, showing that the economic viability of the resawing will occur in situations of higher PCRP, lower selling prices of chips and higher percentages of logs of larger diameters.

Keywords: Lumber. Sawmills. Chips. Costs of production.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Definição e classificação de serrarias	15
2.2 Gênero <i>Eucalyptus</i>	16
2.3 Rendimento em madeira serrada	20
2.4 Contabilidade de custos	21
2.4.1 Custeio	22
2.4.2 TDABC (<i>Time-Driven Activity-Based Costing</i>)	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Características da serraria	26
3.2 Descrição das máquinas e produtos	29
3.3 Tratamentos	31
3.4 Rendimento em madeira serrada e volume de cavacos	32
3.5 Capacidade produtiva	34
3.5.1 Tratamento 1	34
3.5.2 Tratamento 2	35
3.6 Variação da produção: análise de cenários	36
3.7 Custos de produção: método <i>Time-Driven Activity Based-Costing</i> (TDABC)	37
3.9 Viabilidade econômica	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 Comparação do rendimento	44
4.2 Capacidade produtiva	48
4.2.1 Tratamento 1	48
4.2.2 Tratamento 2	50
4.3 Custos de produção	51
4.3.1 Tratamento 1	51
4.3.2 Tratamento 2	54
4.4 Receitas	55
4.5 Viabilidade econômica	58
5. CONCLUSÕES	62

6. RECOMENDAÇÕES	63
7. REFERÊNCIAS	64

1. INTRODUÇÃO

A madeira é uma matéria-prima de fonte renovável, que pode ser produzida sustentavelmente e a um baixo custo energético. Além disso, a cadeia produtiva da madeira tem baixo impacto de emissão de carbono, o que a coloca em vantagem em comparação a outros materiais, tais como aço, alumínio, concreto e plástico (FALK, 2010). No Brasil, as florestas formam a base da cadeia produtiva de diferentes setores industriais, tais como madeira roliça, madeira serrada, painéis reconstituídos de madeira, celulose, papel, energia, resinas e taninos.

O crescimento populacional impulsiona a demanda de produtos de origem florestal, em que inicialmente, para suprir essa demanda, o mercado utilizava as madeiras nativas. Todavia, as restrições ambientais e os altos custos de exploração têm limitado a utilização dessa matéria-prima (CARVALHO, 2016). Para solucionar esse problema no Brasil, o setor madeireiro vem fazendo uso de florestas plantadas com espécies exóticas, como as dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*.

A madeira serrada é o principal produto de uma serraria, definida pela ABIMCI – Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente como as peças obtidas por meio do desdobro de toras em serras, o que representa um tipo de transformação primária da madeira (ABIMCI, 2009). De acordo com as dimensões da seção transversal, as principais peças de madeira serrada são classificadas pela NBR – Norma Brasileira Regulamentadora 7203 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1982) como pranchão, prancha, viga, vigota, caibro, tábua, sarrafo, ripa, dormente, pontalete e bloco.

A desaceleração da construção civil do mercado brasileiro levou a uma queda no consumo interno de madeira serrada, de 7,2 milhões de m³ em 2015 para 6,4 milhões de m³ em 2016. Com isso, a produção brasileira de madeira serrada oriunda de florestas plantadas diminuiu 2,3% em relação a 2015, e atingiu 8,6 milhões de m³ em 2016 (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2017). Mesmo com esse cenário, o segmento de madeira processada mecanicamente teve uma contribuição socioeconômica considerável. No ano de

2015, o setor foi responsável por 20% do valor bruto da produção de todo o setor florestal (R\$ 13,9 bilhões), com balança comercial positiva de US\$ 2,14 bilhões, sendo responsável por 368.970 postos de trabalho (ABIMCI, 2016).

Segundo o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011 citado por ALMEIDA et al., 2014), dentre os custos industriais para a produção de madeira serrada, a matéria-prima corresponde a 56% e a mão de obra a 34%. Esses elevados custos fazem com que a eficiência do processo produtivo interfira nas questões econômicas da empresa, tornando-se um fator determinante para o sucesso do empreendimento.

As empresas brasileiras do setor de processamento mecânico primário da madeira geralmente são de pequeno porte, usam intensivamente a mão de obra, não possuem reflorestamentos próprios. Portanto, são dependentes da madeira do mercado e estão susceptíveis às suas oscilações (ALMEIDA et al., 2010). Assim, nessas empresas, uma parte da produção de madeira serrada se destina ao reaproveitamento das costaneiras, uma vez que este é o resíduo de maior volume gerado durante o desdobro.

Para a madeira de florestas nativas, por exemplo, Dutra; Nascimento e Numazawa (2005) e Melo et al. (2012) relataram uma proporção de costaneiras de 33,9% e 39,3%, respectivamente. Para madeira de reflorestamento, Monteiro et al. (2012) reportaram 25,0% para *Eucalyptus grandis*, ao passo que Juízo (2015) obteve 26,4% para *Eucalyptus saligna*.

Compreendendo-se o contexto atual, em que tanto o volume quanto o valor das costaneiras de madeira de eucalipto são menores do que das madeiras de origem nativa, levantou-se o seguinte problema de pesquisa: a resserragem de reaproveitamento das costaneiras de madeira de eucalipto é viável economicamente? A hipótese inicial do trabalho é de que a produção de cavacos (biomassa) das costaneiras é mais viável economicamente quando comparada a tradicional resserragem de reaproveitamento.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Comparar a viabilidade econômica entre a resserragem de reaproveitamento de costaneiras e a produção de cavacos, em uma serraria que desdobra madeira de eucalipto, com base no método de custeio *Time-Driven Activity Based-Costing* (TDABC).

1.1.2 Objetivos específicos

Tanto para a opção de resserragem de reaproveitamento de costaneiras quanto para a produção de cavacos, estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos:

- Analisar o rendimento em madeira serrada.
- Discriminar os resíduos produzidos.
- Verificar a variação dos custos de produção e das receitas em dois cenários de capacidade prática dos recursos fornecidos (CPRF).
- Nos dois cenários de CPRF, testar a variação da disponibilidade de toras na classe diamétrica avaliada.
- Analisar a viabilidade econômica em três condições de preço dos cavacos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Definição e classificação de serrarias

Denomina-se serraria o local onde é realizado o desdobro de toras, que são recebidas, armazenadas e processadas em madeira serrada, podendo ser estocada por um determinado período para secagem (ROCHA, 2002). O processamento da madeira está vinculado diretamente com a matéria-prima utilizada (espécies florestais), associada aos produtos gerados.

Segundo a ABIMCI (2016), no Brasil, a madeira serrada de pinus é produzida por um grande número de empresas (sendo sua maioria de pequeno e médio porte), as quais, destinam seus produtos a diferentes mercados, tanto em nível nacional como internacional. A sua produção se concentra na região Sul/Sudeste e é voltada principalmente ao abastecimento dos setores de construção civil e embalagens, além da produção de PMVAS (produtos de maior valor agregado, como molduras e pisos).

A madeira serrada de folhosas, que no Brasil engloba madeiras de espécies tropicais nativas e espécies plantadas (principalmente eucalipto e teca). Historicamente, a produção de madeira serrada de folhosas esteve baseada em espécies tropicais nativas, oriundas principalmente da região Norte (Pará, Rondônia e Amazonas) e Centro-Oeste (Mato Grosso). A madeira de eucalipto tem sido utilizada como madeira serrada, porém em menor proporção quando comparado ao pinus. Os principais polos de produção de madeira serrada de eucalipto estão concentrados nas regiões de Telêmaco Borba/PR e no extremo Sul da Bahia (ABINCI, 2016).

Outra espécie folhosa com destaque para a produção de madeira serrada é a teca. Esta madeira possui mercado relativamente recente no Brasil, sua produção advém de plantios localizados no Mato Grosso e Pará. Parte desta produção se destina ao mercado externo, principalmente para a Índia.

Existem na literatura diversas maneiras para se classificar as serrarias, em que são considerados aspectos como a produtividade, a matéria-prima, o tamanho e os equipamentos utilizados. Todavia, uma das formas mais utilizadas para a classificação de uma serraria é por meio de sua produção. Deste modo,

as serrarias se dividem em três portes, conforme o volume de toras processado por dia: i) pequeno: até 50 m³; ii) médio: de 50 a 100 m³; iii) grande: mais que 100 m³ (ROCHA, 2002).

2.2 Gênero *Eucalyptus*

O gênero *Eucalyptus* tem a sua origem na Austrália, Tasmânia e outras ilhas da Oceania, e possui cerca de 730 espécies reconhecidas botanicamente. Não há uma data exata da introdução do eucalipto no Brasil, mas os primeiros estudos com o material foram iniciados em 1904, por Edmundo Navarro de Andrade, no Horto Florestal de Rio Claro-SP. A eucaliptocultura consolidou-se no País a partir da promulgação da Lei de Incentivos Fiscais ao Reflorestamento, ocorrida em 1966 e ao Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), criado pelo Governo Federal, em meados da década de 1970 (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2014).

O eucalipto possui rápido crescimento, elevada produção de sementes, resistência a pragas e doenças e facilidade de tratamentos silviculturais. A madeira tem propriedades adequadas para uso industrial, em que foi usada inicialmente para a produção de carvão vegetal e polpa de celulose. Com o avanço dos estudos sobre melhoramento genético e manejo florestal do eucalipto, tem sido produzida madeira de melhor qualidade, que tem espaço no mercado em outras utilizações (LEITE, 2005).

Conforme dados da IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores, a área ocupada por plantios florestais no País totalizou 7,84 milhões de hectares em 2016 (crescimento de 0,5% em relação ao ano anterior). Isso ocorreu exclusivamente pelo aumento das áreas com eucalipto, que ocupam 5,70 milhões de hectares da área de árvores plantadas do País (IBÁ, 2017).

Esses plantios estão localizados principalmente em Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (15%). Nos últimos cinco anos, o crescimento da área de eucalipto foi de 2,4% a.a., em que no estado do Espírito Santo a área plantada passou de 203.885 hectares do ano de 2010 para 233.760 hectares no ano de 2016 (IBÁ, 2017).

O plantio de eucalipto em pequenas propriedades rurais, além de proporcionar benefícios econômicos diretos advindos da produção florestal, também proporciona benefícios indiretos as mesmas, tais como recuperação de áreas degradadas, minimização da erosão, melhorias da qualidade do ar, do conforto térmico, da vazão de mananciais hídricos e diminuição da pressão sobre as florestas nativas (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2014).

Porém, talvez a principal vantagem do plantio de eucalipto seja a multiplicidade de usos que essa essência florestal apresenta, o que amplia as possibilidades para comercialização da produção (Figura 1). No entanto, é importante ter ciência de que o valor de cada produto varia de acordo com a escala de produção, com seu beneficiamento e das flutuações na oferta e demanda (SANTAROSA et al., 2014).

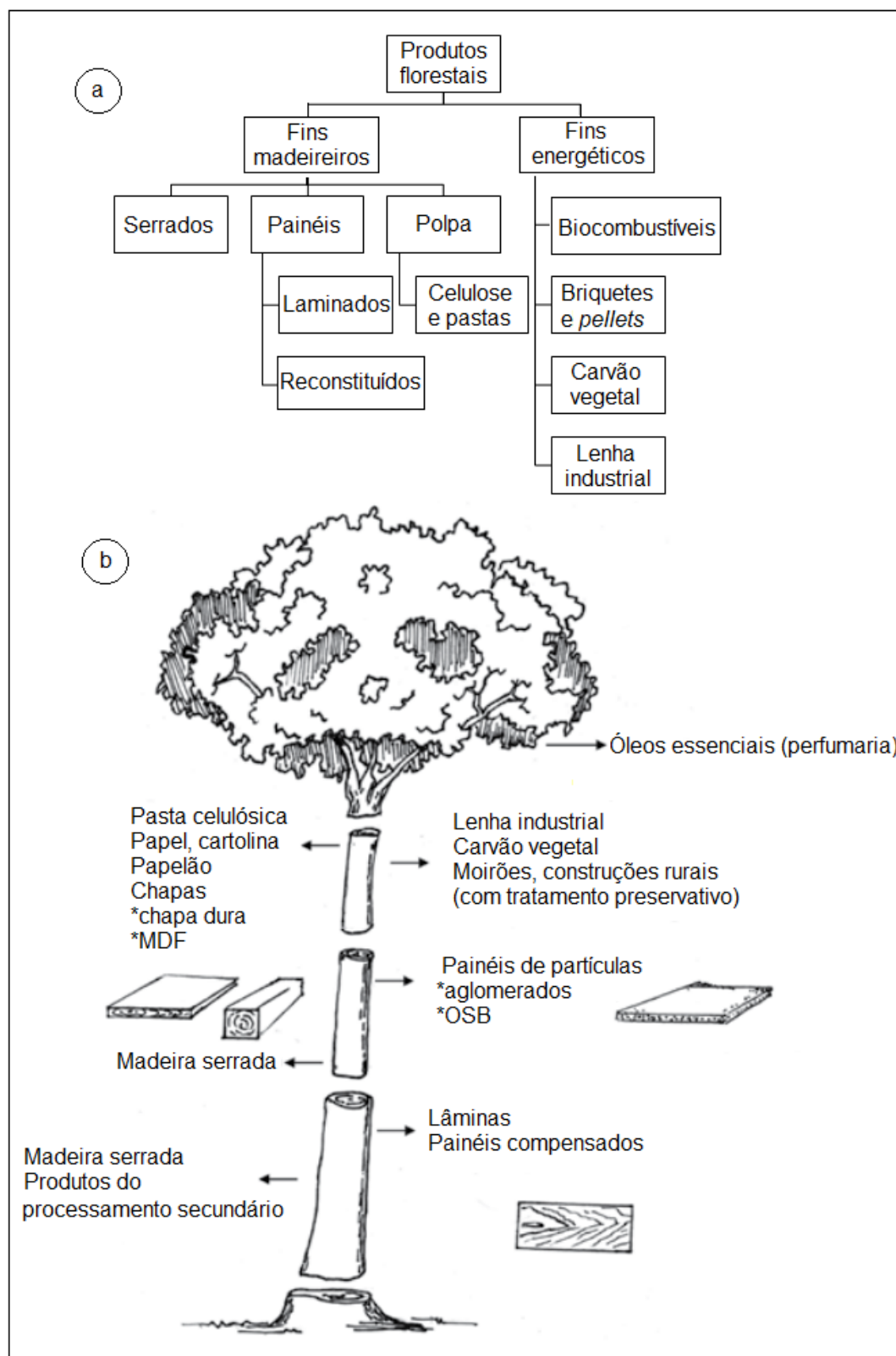


Figura 1 – Usos industriais da madeira de eucalipto: a) cadeia produtiva simplificada; b) sortimento das toras

Fonte: Adaptado de SANTAROSA et al. (2014).

2.2.1 O gênero *Eucalyptus* como fonte de matéria-prima para madeira serrada

Historicamente, a madeira serrada de pinus é um dos principais produtos do setor industrial madeireiro nacional, atendendo os mercados interno e externo. No mercado interno, a madeira serrada de pinus atende principalmente às demandas da construção civil, móveis e embalagens (ABIMCI, 2016).

Os produtores florestais têm direcionado o manejo das florestas de eucalipto para ciclos mais curtos, visando madeiras de menor diâmetro para processos como o de celulose e papel, painéis reconstituídos, carvão vegetal e outros fins energéticos (ABIMCI, 2016). Dessa forma, é pequena a disponibilidade de toras de eucalipto de grandes diâmetros para a produção de madeira serrada.

Embora a produção de madeira serrada de eucalipto ainda seja pequena em comparação ao pinus, Muller (2013) propôs que esta situação seria revertida em curto prazo, devido ao aperfeiçoamento de técnicas de desdobro, secagem e beneficiamento da matéria-prima (MULLER, 2013). Mudanças em curto prazo parecem não ser viáveis, mas pesquisas sobre o processamento da madeira de eucalipto se intensificaram nas últimas duas décadas. Atualmente, existem polos de produção de madeira serrada de eucalipto na região de Telêmaco Borba (Paraná) e no sul da Bahia (ABIMCI, 2016).

Existe a expectativa de um aumento contínuo da produção de madeira serrada de eucalipto por causa da escassez de oferta de madeira de pinus, haja vista a redução gradativa das áreas plantadas desta essência (IBÁ, 2017). Esse cenário é reforçado em regiões onde também não existe mais oferta de madeira nativa, como no Espírito Santo.

O principal uso da madeira de eucalipto no estado do Espírito Santo é na produção de celulose. Contudo, há um mercado consolidado de madeira preservada (tratada) de eucalipto para a produção de mourões e postes. O mesmo acontece com a madeira serrada (diversas dimensões) e seus produtos derivados, tais como embalagens, calços, cavaletes e paletes. Há também um consumo em menor escala na produção de esquadrias e móveis (CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DO AGRONEGÓCIO, 2011).

Todavia, existem problemas quanto a utilização da madeira de eucalipto como fonte de matéria-prima em serrarias, como as significativas tensões de crescimento, que demandam processamento adequado (CRÊSPO, 2000; SCANAVACA JÚNIOR, 2001). Outro problema, mas que também não se limita ao estado do Espírito Santo, é a baixa oferta de toras de grandes diâmetros, provenientes de rotações mais longas (CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DO AGRONEGÓCIO, 2011).

2.3 Rendimento em madeira serrada

Com base no desempenho de uma serraria, pode-se obter informações sobre o processo produtivo, criando assim, subsídios para que a gerência possa analisar e avaliar se as operações estão sendo executadas da melhor forma possível. Para essa análise, os dois principais parâmetros que revelam o desempenho de uma serraria são o rendimento em madeira serrada e a eficiência operacional (ROCHA, 2002).

O rendimento de uma serraria é a relação entre o volume de madeira serrada e o volume de toras desdobradas em um período ou turno e indica a porcentagem do volume original da tora que foi transformada em madeira serrada. É um dos principais parâmetros para a avaliação de serrarias, pois pode auxiliar no planejamento da produção, otimizando os processos e aumentando a produção (ROCHA, 2002).

Considera-se uma amplitude de rendimento de 55 a 65%, em média, para a madeira serrada de coníferas, e entre 45 e 55%, para as folhosas (ROCHA, 2002). Esta diferença deve-se ao fato das coníferas possuírem troncos mais cilíndricos e com menor incidência de defeitos, gerando assim menor percentual de perdas. As coníferas também têm o alburno sempre utilizável, o que aumenta o rendimento (VITAL, 2008).

Segundo Silva (2010), com base no rendimento, podem ser obtidas informações como o volume e quantidade de toras para a produção, a porcentagem de perdas de matéria-prima, os equipamentos utilizados para processá-las e o estoque a ser disponibilizado. Todavia, a espécie utilizada no

desdobro, a qualidade e diâmetro das toras, o nível tecnológico dos equipamentos empregados, o treinamento e qualificação da mão de obra, as técnicas de desdobro utilizadas e o produto gerado, são fatores que influenciam diretamente no rendimento de uma serraria.

Dentre os muitos os fatores que influenciam no rendimento, as pesquisas têm dado enfoque principalmente ao diâmetro das toras (com a separação em classes diamétricas) e ao sistema de desdobro empregado (ANJOS; FONTE, 2017; CUNHA et al., 2015; CUNHA et al., 2016; DANIELLI et al. 2016; JUÍZO et al., 2014; MELO et al., 2017; MURARA JUNIOR et al., 2013).

2.4 Contabilidade de custos

Até a Revolução Industrial (século XVIII), existia praticamente a contabilidade financeira, desenvolvida na era Mercantilista, que, até então, supria as necessidades das empresas. Com o significativo aumento de competitividade ocorrido na maioria dos mercados (industrial, comercial e na prestação de serviços), aumentou-se também a relevância na análise de custos para tomada de decisões. Isto ocorreu devido à alta competição existente que forçou as empresas a definirem os seus preços não apenas com os custos incorridos, e sim, também com base nos preços praticados no mercado em que atuam (MARTINS, 2008).

Conforme Martins (2008), a contabilidade de custos auxilia no controle e ajuda na tomada de decisões de uma empresa. Em relação ao controle, ela fornece dados para o estabelecimento de padrões, orçamentos e outras formas de previsão, para em seguida, acompanhar o que efetivamente ocorreu comparando com os valores anteriormente definidos. Assim, geram-se dados que auxiliam na tomada de decisões, alimentando informações sobre os valores das medidas adotadas (introdução ou corte de um produto, administração de preços de venda, opção de compra ou produção, por exemplo).

Segundo Oliveira (2008), a contabilidade de custos do produto assegura a apropriação dos custos de transformação aos produtos elaborados, semielaborados e em elaboração, bem como a apuração do custo total e unitário

dos produtos e serviços. Para as finalidades gerenciais e administrativas, podem abranger também os gastos com distribuição, armazenagem, vendas e administração (incluindo os custos financeiros e tributários).

No processamento primário da madeira, um ponto importante de custos a considerar é o tipo de maquinário ou equipamento utilizado no processamento de toras, que interferem no rendimento da serraria. A produtividade da serraria constitui o principal fator para a rentabilidade do empreendimento e pode ser influenciada por fatores como a disponibilidade de recursos, a tecnologia empregada e o custo dos insumos, por exemplo. Assim, a adequação dos métodos de produção, o aumento da eficiência do maquinário e o uso de técnicas adequadas de desdobro são aspectos que contribuem para a melhoria da produtividade em uma serraria (MANHIÇA, 2010).

2.4.1 Custeio

Custeio significa apropriação de custos. Desta forma, existem alguns tipos de custeio, tais como por absorção, variável, ABC e RKW (MARTINS, 2008).

Segundo Cooper (1989), os sistemas de custeio tradicionais não conseguem mais cumprir o seu papel nas empresas. Esses sistemas fornecem aos gestores informações errôneas sobre os custos dos produtos ou os sobrecarregam de informações irrelevantes, na medida em que não conseguem medir os custos que realmente são pertinentes. Segundo o mesmo autor, as estratégias podem ser conceitualmente apropriadas, mas se forem formuladas com base em informações incorretas sobre o custo de um produto, provavelmente falharão no mercado. Para Cooper e Kaplan (1991), devido a este contexto, nos últimos anos as empresas têm reduzido a utilização de sistemas de contabilidade tradicionais, através do desenvolvimento de sistemas de gestão de custos baseados em atividade (COOPER; KAPLAN, 1991).

Para Khoury e Ancelevicz (2000), o sistema de custos baseados em atividades (ABC) tem como principais objetivos: i) obter informações mais precisas dos custos dos produtos e/ou serviços efetuados; ii) identificar os custos relativos das atividades e as razões destas serem empreendidas. O ABC parte do princípio de que as atividades geram custos e de que os produtos e os

serviços efetuados causam demanda por essas atividades. Assim, o ABC utiliza as atividades desenvolvidas nos processos de operação da empresa como ligação dos custos indiretos aos objetos de custos, que podem ser definidos como produtos, linhas de produtos, serviços e clientes, por exemplo. As decisões que são influenciadas por essas informações incluem a introdução de novos produtos e/ou serviços, o seu aprecio, o abandono de produtos e/ou serviços existentes e a identificação de oportunidades de melhoria no processo produtivo.

Abbas, Gonçalves e Leoncine (2012) identificaram algumas vantagens da implementação do sistema de custeio ABC: ele cria indicadores que permitem o controle, rastreamento, gestão de processos e de seus recursos envolvidos, gerando assim um aumento nas informações disponíveis aos gerentes a respeito de seu desempenho nas atividades. É uma importante ferramenta gerencial, uma vez que antes mesmo de apurar o custo dos objetos de custeio, é possível visualizar a forma como os recursos são consumidos pelas atividades e, conseqüentemente, o custo dessas atividades, permitindo avaliar a rentabilidade dos principais produtos e serviços comercializados.

Apesar dos benefícios fornecidos pelo ABC, Kaplan e Anderson (2007) averiguaram que a metodologia não era universalmente aceita. Em uma pesquisa anual sobre a adoção de ferramentas de gerenciamento, o ABC ficou abaixo da média, com uma taxa de adoção de apenas 50%. Para um sistema que fornece às empresas autoconhecimento sobre o custo e a lucratividade de seus produtos, processos, serviços e clientes, a baixa taxa de adoção foi surpreendente.

Para Barroso (2015), a explicação para a baixa taxa de adoção do ABC ou a não conclusão da sua implementação se deve ao fato da metodologia ser um processo demorado e dispendioso. Estas características ganham ênfase nas pequenas empresas, que possuem recursos escassos e muitas vezes não conseguem implementá-lo.

Devido aos problemas levantados do sistema ABC, muitas empresas optaram por abandonar o método ou pararam de atualizar o sistema. Em virtude dessas dificuldades foi desenvolvida uma nova abordagem para o mesmo: o TDABC (*Time-Driven Activity-Based Costing*) ou custeio baseado em atividades direcionadas por tempo, em que, admitindo a complexidade do modelo original

foi sugerido um sistema mais simples de se implementar e atualizar (KAPLAN; ANDERSON, 2007).

2.4.2 TDABC (*Time-Driven Activity-Based Costing*)

O TDABC substitui os indutores de custo transacionais (que mediam o número de vezes que uma atividade era executada), por indutores de custo de duração (que estimam o tempo necessário para conclusão de uma tarefa) (KAPLAN; ANDERSON, 2007). Apesar do ABC convencional também utilizar o tempo como um indutor de custo, este, no entanto, utiliza estes indutores de tempo de uma forma diferente do TDABC. No ABC convencional, os indutores de tempo são apenas utilizados depois dos custos já terem sido atribuídos a cada atividade. Em contrapartida, no TDABC, os custos dos recursos são primeiro estimados e, depois, o tempo utilizado em cada atividade para se obter cada produto é utilizado para atribuir os custos aos produtos (KAPLAN; ANDERSON, 2007)

Segundo Kaplan e Anderson (2007), o TDABC segue uma metodologia com lógica *bottom-up*, no qual o custo encontrado por atividade, recurso ou objeto é calculado pela soma dos custos individuais de todas as tarefas necessárias para a sua elaboração. Desta forma, o sistema necessita das estimativas de dois parâmetros: i) o custo da capacidade fornecida por unidade de tempo e; ii) o tempo necessário para a execução de cada tarefa. Multiplicando-se estes dois fatores (objetivos e fáceis de estimar) que o TDABC determina o custo de uma atividade.

Uma diferença do TDABC em comparação ao ABC é a abordagem dos *duration drivers* (indutores de duração). Estes indutores permitem uma maior flexibilidade do sistema, na medida em que o tempo estimado é relacionado com as características de cada tarefa, que mesmo similares podem ter características e tempos de execução diferentes (BARROSO, 2015).

Por exemplo, Barroso (2015) realizou a proposta de implementação do método *Time-Driven Activity Based-Costing* (TDABC) em uma microempresa portuguesa do setor metal-mecânico. O autor concluiu que a adoção deste sistema pode ser útil para a gestão, auxiliando na definição dos preços, na

identificação dos recursos que cada atividade consome e das atividades mais lucrativas. Todavia, o autor reconheceu que mesmo possuindo ferramentas de implementação mais simples (*Microsoft Excel*) e menos custosas, se a empresa for de porte pequeno, pode não possuir recursos financeiros suficientes ou pessoal qualificado para a implementação e manutenção do sistema.

Rodrigues (2014) realizou a proposta de implementação do método TDABC em uma empresa de grande porte que atua no ramo de pescados em conserva e observou que o método permitiu saber com exatidão os gastos de cada produto e sua margem de contribuição. Todavia, por se tratar de um estudo de caso os resultados não podem ser generalizados para todas as empresas do mesmo setor.

Rodrigues et al. (2016) aplicaram o método de custeio TDABC em uma empresa de prestação de serviços para a análise da rentabilidade por cliente e concluiu que o método se mostra eficiente para esta mensuração, possuindo fácil aplicação e trazendo informações que podem auxiliar os tomadores de decisão para aumentar a rentabilidade de seus negócios.

Panucci Filho e Zonatto (2018) realizou uma mensuração do custo em torno do tempo por meio do TDABC em uma indústria de confecções de produção contínua e observou que o sistema de custeio TDABC adequa-se como uma alternativa ao custeio ABC, cumprindo seu papel de fornecer informações para a gestão de custos, sem a necessidade de controles complexos nem que sejam destinados recursos dispendiosos para a implementação do sistema de custeio.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Características da serraria

O estudo foi realizado em uma serraria localizada na cidade de Lúna, Microrregião Caparaó do estado do Espírito Santo, que atua no mercado de madeira serrada de *Eucalyptus* spp. Conforme informação da gerência, a serraria desdobra 60 m³ de toras por dia, o que a classifica como de porte médio (ROCHA, 2002). Catorze operários trabalhavam na linha de produção.

A serraria desdobra toras adquiridas de terceiros, com diâmetro mínimo de 15 cm e comprimento variável entre 2,40 e 4,80 metros. As toras são transportadas até a serraria por caminhões, descarregadas e depositadas no pátio diretamente no solo por um trator de pneus com carregador frontal. O pátio de toras não é pavimentado, possui drenagem insatisfatória e relevo irregular, o que dificulta a movimentação das toras, principalmente em períodos chuvosos, o que acaba prejudicando o abastecimento e por consequência a produção da serraria.

A serraria não possui um sistema de classificação de toras e as mesmas não são descascadas para o processamento, em que as cascas são eliminadas juntamente com os outros resíduos do desdobro. A serraria trabalha com estoque, ou seja, as toras são depositadas no pátio e posteriormente desdobradas. O transporte das toras do pátio até a rampa de abastecimento é feito por um trator de pneus com carregador frontal.

O galpão do maquinário possui iluminação natural satisfatória e iluminação artificial para complementação, quando necessário. O piso não é calçado e a movimentação interna da madeira é realizada em parte por esteiras transportadoras e em parte manualmente. Nas Figuras 2 e 3 encontram-se representações da produção de madeira serrada e da movimentação dos resíduos, respectivamente. Na Figura 4 pode ser vista a linha de produção.

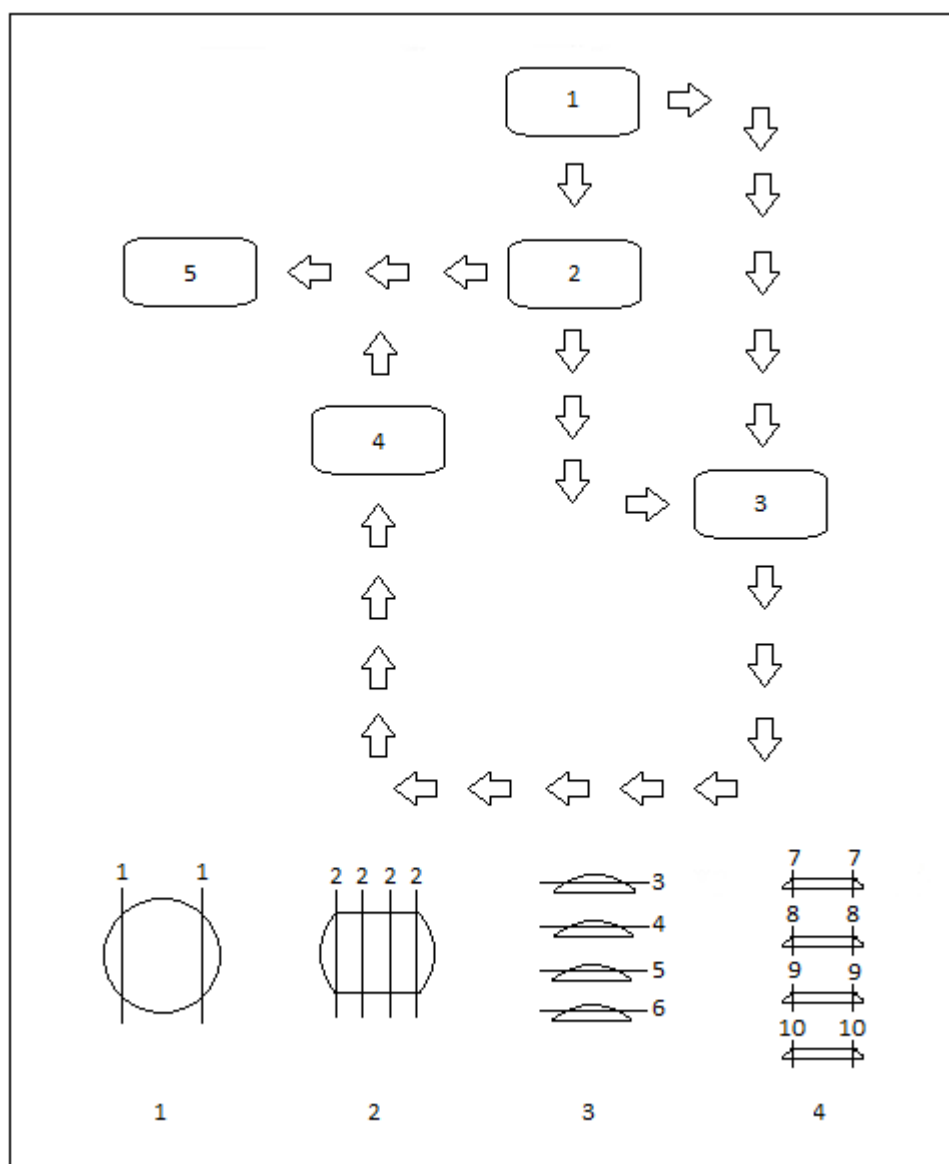


Figura 2– Representação da produção de madeira serrada. 1: serra de fita geminada – produção de um semibloco e duas costaneiras; 2: serra circular múltipla resserradeira (dois eixos) – produção de tábuas e duas costaneiras; 3: serra de fita horizontal de reaproveitamento de costaneiras – produção de uma tábua não refilada; 4: serra circular refiladeira – produção de tábuas; 5: mesa de destopamento – regularização do comprimento das tábuas.

Fonte: O autor (2019).

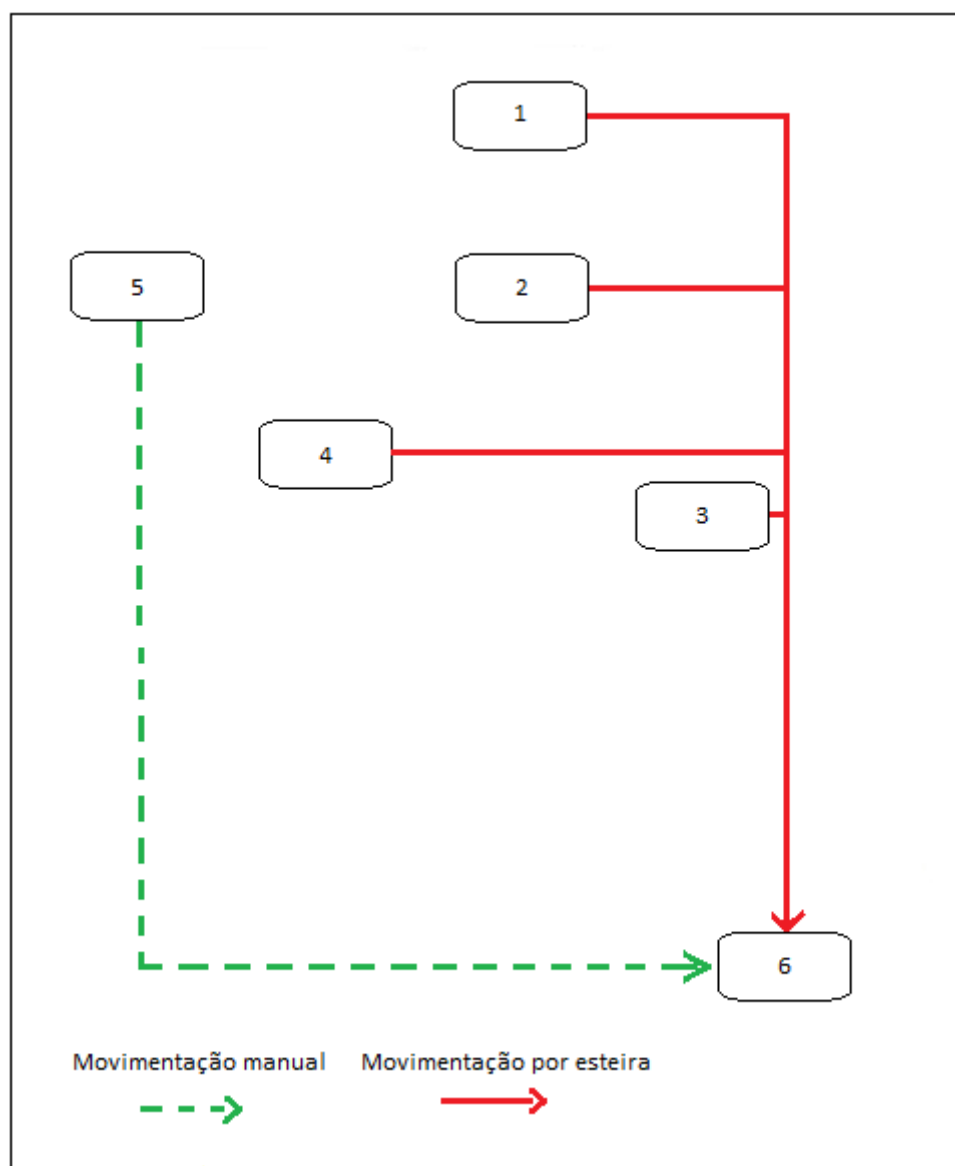


Figura 3– Representação da movimentação dos resíduos. 1: serra de fita geminada; 2: serra circular múltipla resserradeira (dois eixos); 3: serra de fita horizontal de reaproveitamento; 4: serra circular refiladeira; 5: mesa de destopamento; 6: picador.

Fonte: O autor (2019).



Figura 4— Visão geral da linha de produção de madeira serrada 1: serra de fita geminada – produção de um semibloco e duas costaneiras; 2: serra circular múltipla resserradeira (dois eixos) – produção de tábuas e duas costaneiras; 3: serra de fita horizontal de reaproveitamento de costaneiras – produção de uma tábua não refilada; 4: serra circular refiladeira – produção de tábuas; 5: mesa de destopamento – regularização do comprimento das tábuas.

Fonte: O autor (2019).

3.2 Descrição das máquinas e produtos

Como máquina primária a serraria utiliza uma serra de fita geminada, da marca Vantec, com volantes de 1.100 mm de diâmetro, alimentação automática por correntes e rolos de fixação superiores pneumáticos. A máquina tem dois motores principais, de 25 cv cada; os diâmetros mínimo e máximo recomendados das toras são 75 e 300 mm, respectivamente.

Para a resserragem a empresa utiliza uma serra circular múltipla resserradeira da marca Vantec, com dois eixos, alimentação manual e capacidade máxima de dez discos por eixo. A máquina tem dois motores

principais, um inferior de 60 cv e um superior de 40 cv; a largura máxima recomendada na entrada é de 500 mm e a altura máxima de corte é de 200 mm.

A resserragem de reaproveitamento das costaneiras é efetuado em uma serra de fita horizontal de reaproveitamento, da marca Vantec, com volantes de 700 mm de diâmetro e alimentação manual. A máquina é dotada de um motor principal de 20 cv; a altura e a largura máximas de corte são de 300 mm e 220 mm, respectivamente.

A refilagem das peças é realizada em uma serra circular múltipla refiladeira da marca Vantec, com abertura de entrada de 900 mm, alimentação manual. A máquina tem um motor principal de 20 cv e pode funcionar com seis discos fixos e um móvel, em que a abertura do disco móvel pode ser de 50 a 300 mm e o diâmetro dos discos igual a 350 mm.

Para o destopamento secundário a serraria utiliza uma mesa de destopamento da marca Vantec, com um motor principal de 5 cv, alimentação manual, altura de corte máxima de 150 mm, abertura do disco móvel de 50 a 300 mm e regulação manual.

As costaneiras não resserradas, os refilos e as aparas são transformados em cavacos para biomassa por intermédio de um picador da marca Lippel, com motor principal de 50 cv, altura e largura máximas de alimentação de 100 e 400 mm, respectivamente. A serragem é separada automaticamente por um coletor localizado após o picador.

Os principais produtos da serraria são paletes, calços para transporte de tubos de aço e cavaletes para o transporte de rochas ornamentais. Os produtos secundários são ripas, pranchas, tábuas e pedidos sob encomenda. Os resíduos são vendidos para empresas de Minas Gerais (cerâmicas, siderúrgicas e uma indústria alimentícia), a saber: i) serragem: coletada por esteiras e encaminhada ao silo de armazenamento; ii) refilos e costaneiras não resserradas: coletados por esteiras, encaminhados ao picador, transformados em cavacos para biomassa e posteriormente armazenados no silo; iii) aparas do destopamento secundário: armazenadas em uma caçamba e depois recebem o mesmo tratamento que os refilos e costaneiras não resserradas.

3.3 Tratamentos

Para atender ao objetivo geral, foi avaliado se a operação de resserragem de reaproveitamento de costaneiras é viável economicamente em comparação com a utilização deste resíduo para a produção de cavacos para biomassa. Para isto, foi necessário levantar e comparar as receitas e os custos da linha de resserragem de reaproveitamento de costaneiras frente a utilização das mesmas para produção de cavacos (sem reaproveitamento), respectivamente Tratamentos 1 e 2.

Foi escolhido o principal produto comercializado pela serraria (tábuas de 25 x 150 x 2.400 mm) e a classe diamétrica que proporciona o maior reaproveitamento de costaneiras (de 25 a 28 cm). Ambas informações foram providas pela empresa. Depois dessas definições, calculou-se o rendimento em madeira serrada proveniente da resserragem de reaproveitamento de costaneiras e o rendimento da produção de cavacos, criando assim, a base para os cálculos de produtividade (e por consequência a produção) com seus respectivos custos e receitas.

Para a análise das receitas e dos custos da resserragem de reaproveitamento de costaneiras, estabeleceu-se as seguintes premissas: i) Tratamento 1: quais as receitas e custos são acrescentados à produção quando se decide pela resserragem de reaproveitamento de costaneiras? ii) Tratamento 2: quais as receitas e custos são acrescentados à produção quando se decide transformar em cavacos o volume de costaneiras que seria reaproveitado? e iii) quais as receitas e custos são diferentes entre os tratamentos?

Com base nessas premissas, utilizou-se para a composição dos custos e receitas dos tratamentos apenas o que foi diferente entre eles, desconsiderando-se o que foi comum a ambos (custos e receitas constantes), conforme pode ser visto na Figura 5. A estratégia adotada simplificou sobremaneira a análise.

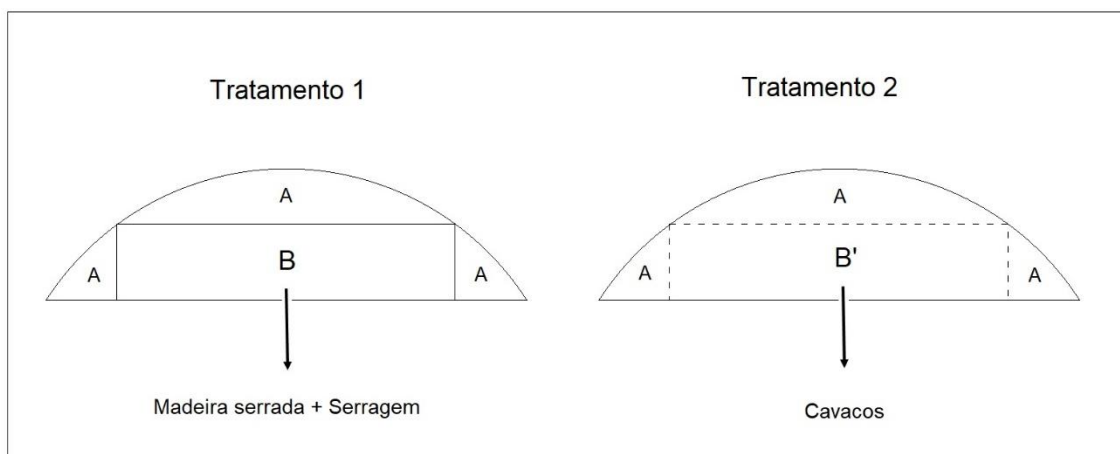


Figura 5– Representação das seção transversal de costaneiras: A) fonte de custos e receitas iguais em ambos os tratamentos; B) fonte de custos e receitas da resserragem de reaproveitamento de costaneiras do Tratamento 1; B') fonte de custos e receitas da produção de cavacos do Tratamento 2

Fonte: O autor (2019).

3.4 Rendimento em madeira serrada e volume de cavacos

Para avaliação do rendimento em madeira serrada realizou-se uma amostragem *in loco*, onde foram medidas 15 toras por tratamento. Para o Tratamento 1, considerou-se o volume das peças produzidas na resserragem de reaproveitamento das costaneiras.

Os diâmetros sem casca das toras foram calculados com a Equação 1. Para a mensuração do volume sem casca foi utilizado o método de Smalian, conforme a Equação 2 (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003).

$$D = \frac{C}{\pi} \quad (1)$$

Em que – D: diâmetro sem casca (cm); C: circunferência sem casca (cm).

$$Vt = \frac{\pi}{80.000} * (D_1^2 + D_2^2) * L \quad (2)$$

Em que – Vt: volume sem casca da tora (m³); D₁ e D₂: diâmetro sem casca da tora (cm); L: comprimento da tora (m).

Para a determinação do comprimento, as toras foram mensuradas com uma trena (precisão de 0,1 centímetros). Para a mensuração das circunferências sem casca, as duas extremidades das toras foram descascadas manualmente

com um facão e medidas a cerca de 10 centímetros das extremidades com uma fita métrica (precisão de 0,1 centímetros). Para o controle durante o desdobro, as toras foram identificadas e numeradas com giz de cera, tanto na base quanto no topo.

Posteriormente, as toras foram encaminhadas para o desdobro. As costaneiras e a madeira serrada originadas de cada tora foram devidamente identificadas com o respectivo número da tora, marcadas com giz de cera e empilhadas separadamente.

O volume de resíduos foi medido e calculado conforme método proposto por Biasi e Rocha (2007), em que o volume de serragem foi obtido com base na espessura do fio de corte e nas dimensões das peças (largura e comprimento). O volume de costaneiras, refilos e aparas foi obtido por diferença.

A espessura de corte das ferramentas de corte foi medida com um paquímetro digital (0,01 mm de precisão). Para o volume das peças foram mensurados o comprimento, a largura e a espessura com uma trena (0,1 centímetros de precisão). A largura foi mensurada em três pontos: nas extremidades (a dez centímetros dos topos) e na porção mediana. A espessura foi medida nos mesmos pontos que a largura, porém a espessura da porção mediana foi medida no lado oposto das demais medidas. O volume de cada peça de madeira serrada foi calculado com a Equação 3.

$$V = L * b * e \quad (3)$$

Em que – V: volume da peça (m³); L: comprimento da peça (m); b: largura média da peça (m); e: espessura média da peça (m).

A resserragem de reaproveitamento das costaneiras do Tratamento 1 foi realizada em seguida, repetindo-se o procedimento anterior para o cálculo do volume das tábuas. O volume de madeira serrada de cada tora foi calculado com a Equação 4, em que para o Tratamento 1 foram consideradas as peças provenientes da resserragem de reaproveitamento de costaneiras. O rendimento em madeira serrada foi calculado de acordo com a Equação 5.

$$V_{MSi} = \sum_{i=1}^n Vi \quad (4)$$

Em que –V_{MSi}: volume de madeira serrada de uma tora i (m³); Vi: volume de cada peça i da tora i (m³).

$$R = \frac{V_{MS}}{V_T} \times 100 \quad (5)$$

Em que – R: rendimento em madeira serrada (%); V_{MS} : volume de madeira serrada (m^3); V_T : volume sem casca da tora (m^3).

Para o cálculo dos volumes a granel de cavacos e serragem utilizou-se uma adaptação da Norma Brasileira Regulamentadora 6922 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1981). Para o volume a granel de cavacos, as costaneiras provenientes das 15 toras do Tratamento 2 foram transformadas em cavacos no picador e posteriormente depositados em um recipiente de dimensões quadrangulares e volume definido (1 x 1 x 1 m). Assim, foi possível calcular um coeficiente de conversão de volume sólido de costaneiras (m^3) para volume a granel de cavacos (m^3 do granel).

Para o volume a granel de serragem, algumas peças foram usinadas em serra circular e a serragem gerada foi depositada em um recipiente de dimensões quadrangulares e volume definido (8 x 8 x 3 cm). Assim, foi possível calcular um coeficiente de conversão de volume sólido de madeira usinada (m^3) para volume a granel de serragem (m^3 do granel).

Para se verificar o efeito da resserragem de reaproveitamento no rendimento em madeira serrada dos tratamentos, aplicou-se o teste t de Student. Previamente, aplicou-se o teste F, para a verificação da homogeneidade das variâncias e adoção da equação apropriada do teste t (variâncias homogêneas ou não homogêneas). Os testes foram realizados no Microsoft Excel e o nível de significância adotado foi de 5%.

3.5 Capacidade produtiva

3.5.1 Tratamento 1

A produtividade do Tratamento 1 foi calculada com a Equação 6. A produção de madeira serrada e de serragem da resserragem de reaproveitamento foram calculadas conforme as Equações 7 e 8, respectivamente.

$$Produtividade_{T1} = \frac{VCR}{TR} \quad (6)$$

Em que – $Produtividade_{T1}$: volume de costaneiras resserradas por unidade de tempo no Tratamento 1 (m^3/min); VCR: volume de costaneiras resserradas (m^3); TR: tempo necessário para a resserragem de reaproveitamento das costaneiras (min).

$$Produção_{T1MS} = Produtividade_{T1} * R_{T1MS} * CPRF \quad (7)$$

Em que – $Produção_{T1MS}$: volume de madeira serrada da resserragem de reaproveitamento de costaneiras do Tratamento 1 (m^3); $Produtividade_{T1}$: volume de costaneiras resserradas por unidade de tempo no Tratamento 1 (m^3/min); R_{T1MS} : rendimento em madeira serrada da resserragem de reaproveitamento de costaneiras do Tratamento 1 (%); CPRF: capacidade prática dos recursos fornecidos (min).

$$Produção_{T1S} = Produtividade_{T1} * R_{T1S} * CPRF * FCS \quad (8)$$

Em que – $Produção_{T1S}$: volume de serragem do Tratamento 1 (m^3); $Produtividade_{T1}$: volume de costaneiras resserradas por unidade de tempo no Tratamento 1 (m^3/min); R_{T1S} : porcentagem em serragem da resserragem de reaproveitamento de costaneiras do Tratamento 1 (%); CPRF: capacidade prática dos recursos fornecidos (min); FCS: fator de conversão de serragem.

O volume de costaneiras resserradas (VCR, Equação 6), o rendimento em madeira serrada (R_{T1MS} , Equação 7) e a porcentagem de serragem do Tratamento 1 (R_{T1S} , Equação 8) foram obtidos na análise de rendimento em madeira serrada (seção 3.4). O tempo de processamento (TR, Equação 6) foi obtido na análise da estimativa do tempo de execução da atividade (seção 3.7).

3.5.2 Tratamento 2

Para o Tratamento 2, não foi preciso calcular a produtividade do picador. Conforme a gerência, a serraria desdobra 60 m^3 de toras/dia, ou seja aproximadamente 6,7 m^3/h , valor inferior à capacidade nominal do picador, que é de 25 m^3/h .

Dessa forma, mesmo que todo o volume das toras necessitasse ser picado (o que inclui o volume das costaneiras), ainda assim, a capacidade do picador seria maior. A situação é ainda mais favorável no Tratamento 1, porque

o volume de resíduos após a resserragem de reaproveitamento das costaneiras é ainda menor.

Para o cálculo da produção do Tratamento 2, foram utilizados os valores de produção do Tratamento 1 e o coeficiente de conversão de cavacos do Tratamento 2 (seção 3.4), conforme a Equação 9.

$$Produção_{T2} = (Produção_{T1MS} + Produção_{T1S}) * FCC \quad (9)$$

Em que – Produção_{T2}: volume a granel de cavacos do Tratamento 2 (m³); Produção_{T1MS}: volume de madeira serrada produzida pelo Tratamento 1 (m³); Produção_{T1S}: volume de serragem produzida pelo Tratamento 1 (m³); FCC: fator de conversão de cavacos.

3.6 Variação da produção: análise de cenários

Alguns fatores influenciam diretamente na produção de madeira serrada da resserragem de reaproveitamento e, por consequência, nos custos e receitas dos Tratamentos. Estes fatores são: i) o tempo em que a linha de resserragem de reaproveitamento se encontra efetivamente disponível para a produção (CPRF) e; ii) a porcentagem de toras pertencentes a classe diamétrica de 25-28 cm no estoque do pátio (toras com diâmetros menores não geram costaneiras grandes o suficiente para o produto analisado).

Para que a análise da viabilidade econômica fosse mais próxima da realidade, foram utilizados dois cenários de CPRF (70% e 80%, seção 3.7), variando-se em cada um a porcentagem de toras pertencentes a classe diamétrica de 25-28 cm disponíveis para o processamento. Ao variar-se a CPRF, ocorre uma variação no tempo disponível para o processamento e, consequentemente, impacto na produção e nas receitas. Da mesma forma, alteram-se os custos (energia elétrica, insumos e de ferramentas de corte) e, por se tratar de uma relação diretamente proporcional, foi utilizada uma regra de três simples para o cálculo da variação desses valores.

Ao variar-se a porcentagem (0 a 100%) de toras processadas de 25-28 cm, altera-se a quantidade de costaneiras que podem ser reaproveitadas em um mesmo período de tempo, impactando a produção e as receitas. Da mesma forma, altera-se também os custos com insumos e ferramentas de corte. Como

se trata de uma relação diretamente proporcional, também foi utilizada uma regra de três simples para o cálculo da variação desses valores.

3.7 Custos de produção: método *Time-Driven Activity Based-Costing* (TDABC)

O TDABC segue uma metodologia com lógica *bottom-up* (análise de um processo que utiliza a compreensão de suas subdivisões para uma percepção detalhada das partes que formam o todo), na qual o custo encontrado por atividade, recurso ou objeto é calculado pela soma dos custos individuais de todas as tarefas necessárias para a sua elaboração. O sistema necessita das estimativas de dois parâmetros: i) o custo da capacidade fornecida por unidade de tempo e; ii) o tempo necessário para a execução de cada tarefa. Multiplicando-se estes dois fatores é possível determinar o custo de uma atividade pelo TDABC (KAPLAN; ANDERSON, 2007). Na Equação 10 encontra-se a representação do modelo, conforme Bruggeman et al. (2005).

$$A = T_{A,K} * C_i \quad (10)$$

Em que – A: custo do evento k da atividade A (R\$); $T_{A,K}$: tempo consumido pelo evento k na atividade A (min); C_i : custo por unidade de tempo por unidade do recurso i (R\$/min).

As estimativas do tempo de execução das atividades ($T_{A,K}$) podem ser obtidas por observações, entrevistas ou pesquisas com empregados, utilização de mapas de processos ou aproveitamento das estimativas de tempo da própria empresa. Independentemente do método utilizado para a coleta dos dados, deve-se garantir que as estimativas correspondam a eventos reais (KAPLAN; ANDERSON, 2007).

Optou-se pela análise da filmagem do processo produtivo durante a resserragem de reaproveitamento de 80 costaneiras (totalizando 80 repetições), oriundas de 20 toras da classe diamétrica analisada. Este valor enquadra-se na quantidade de repetições de uma atividade (entre 50 a 100) recomendada pela literatura (KAPLAN; ANDERSON, 2007). O vídeo foi produzido pelo circuito interno da empresa.

Para quantificar a complexidade e a variedade das operações, o método TDABC utiliza equações de tempo, que incorporam todas as possíveis subtarefas com seus respectivos tempos. As equações de tempo podem ser vistas como um mapa de todo o processo, onde os dados são agregados, permitindo variações nas estimativas do tempo em função das características de cada atividade (KAPLAN; ANDERSON, 2007). Na Equação 11 encontra-se a representação da equação de tempo, conforme Bruggeman et al. (2005). O custo da capacidade fornecida por unidade de tempo (C_i) foi calculado com a Equação 12 (KAPLAN; ANDERSON, 2007).

$$t_{j,k} = \beta_0 + \beta_1 .X_1 + \beta_2 .X_2 + \beta_3 .X_3 + \dots + \beta_p .X_p \quad (11)$$

Em que – $t_{j,k}$: tempo requerido para executar o evento k da atividade j ; β_0 : tempo de execução da atividade j , independentemente das características do evento k ; $\beta_{1,2,3,p}$: tempo consumido por cada unidade adicional da sub tarefa 1, 2, 3, ..., p ; $X_{1,2,3,p}$: número de ocorrências da sub tarefa 1, 2, 3, ..., p ; p : número de subtarefas que influenciam no tempo de execução da atividade j .

$$C_i = \frac{CTCF_i}{CPRF_i} \quad (12)$$

Em que – C_i : custo por unidade de tempo por unidade do recurso i (R\$/min); $CTCF_i$: custo total da capacidade fornecida do recurso i (R\$); $CPRF_i$: capacidade prática dos recursos fornecidos do recurso i (min).

Para se determinar o $CTCF_i$, deve-se incluir todos os custos associados ao processo estudado (KAPLAN; ANDERSON, 2007), neste trabalho, a resserragem de reaproveitamento de costaneiras. Os custos a seguir foram utilizados para o cálculo do $CTCF_i$.

1. Energia elétrica: para o cálculo do custo de energia elétrica foram analisadas todas as máquinas utilizadas na resserragem de reaproveitamento de costaneiras e suas máquinas auxiliares (exaustores, transportadores pneumáticos e compressores). Foram efetuadas as leituras de potência nominal (cv) e, em seguida, se estabeleceu a relação de potência nominal (cv) para consumo médio de kW, obtendo-se o

- consumo nominal de cada motor. Multiplicando-se o consumo nominal (kW) pelo valor pago por kW/h, obteve-se o custo de energia elétrica.
2. Mão de obra: para a quantificação dos valores deste custo, foram considerados os salários, os encargos e os benefícios que cada colaborador envolvido direta e indiretamente na operação de resserragem de reaproveitamento. Esses valores foram informados pela empresa. Para a mão de obra direta (trabalhadores que operam as máquinas de desdobro e o picador), foi considerado 100% deste valor para a serra de fita de reaproveitamento, uma vez que esta máquina é utilizada na produção apenas na resserragem de reaproveitamento de costaneiras (Tratamento 1). Para a serra circular refiladeira, foi considerado 70% deste valor, uma vez que durante o restante do tempo esta máquina é utilizada pela linha principal (comum a ambos os tratamentos). Para o custo com a mão de obra indireta (mecânico e laminador), foi realizado um rateio destes valores de forma igual entre todas as máquinas e equipamentos que utilizavam esta mão de obra.
 3. Manutenção: os custos de manutenção foram elaborados com base nos dados fornecidos pela empresa. Foram considerados como custos de manutenção os custos da mão de obra envolvida (mecânico e laminador) e das ferramentas de corte.
 4. Depreciação: para o cálculo de depreciação foi considerada apenas a serra de fita de reaproveitamento, por ser a única máquina diferente entre os tratamentos, e foi feita de forma linear. A máquina foi depreciada em 10 anos, conforme prevê a Lei Nº 11.638 (BRASIL, 2007), utilizando-se a Equação 13 (TIMOFEICZYK JUNIOR, 2004).

$$Dep = (Va - Vr)/Vu \quad (13)$$

Em que – Dep: depreciação (R\$/ano); Va: valor de aquisição (R\$); Vr: Valor residual (R\$); Vu: vida útil (anos).

5. Custo de oportunidade: são os custos associados ao quanto a empresa renunciou em termos de remuneração por ter aplicado seus recursos em uma alternativa em vez de outra (MARTINS, 2008). Para o cálculo do custo de oportunidade, foram utilizados os potenciais de valorização de

rendimento projetável proveniente da aplicação deste recurso em uma conta poupança. Da mesma forma, calculou-se o custo de oportunidade apenas da serra de fita de reaproveitamento, por ser a única máquina diferente entre os tratamentos.

6. Insumos: os custos dos insumos (embalagens, lubrificantes, peças de reposição, por exemplo) foram elaborados com base nos dados fornecidos pela empresa. Como a empresa não possui um sistema de controle dos custos de insumos, foi realizado um rateio destes valores de forma igual entre todas as máquinas e equipamentos que os utilizam.

No Quadro 1 encontra-se um resumo dos custos considerados em cada tratamento, conforme a premissa adotada e explicada na seção 3.3. Os custos fixos e variáveis são aqueles que não variam e variam, respectivamente, com a CPRF ou a porcentagem das toras (cenários propostos na seção 3.6).

Quadro 1 – Resumo da discriminação dos custos entre os tratamentos

Custos	Máquinas							
Fixos	Serra fita de reaproveitamento		Serra circular refiladeira		Esteiras transportadoras		Picador	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Depreciação	Sim	Não	Não	Não	Não		Não	
Mão de obra			Sim					
Custo de oportunidade			Não					
Variáveis	Serra fita de reaproveitamento		Serra circular refiladeira		Esteiras transportadoras		Picador	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Energia elétrica	Sim	Não	Sim	Não	Não		Não	Não
Manutenção								Sim
Insumos								Não

Em que – T1: Tratamento 1; T2: Tratamento 2.

Fonte: O autor (2019).

A capacidade prática dos recursos fornecidos (CPRFi) corresponde ao número de horas que um recurso se encontra efetivamente disponível para trabalhar, excluindo os tempos não produtivos. Pode-se utilizar a capacidade medida por métodos analíticos (estudo de tempo) ou uma estimativa direta da capacidade prática correspondente a uma percentagem da capacidade teórica, 80% no caso dos trabalhadores e 85% no caso das máquinas (KAPLAN; ANDERSON, 2007).

No Tratamento 1, para a resserragem de reaproveitamento de costaneiras, a máquina refiladeira não pode estar ocupada por peças produzidas na linha principal. Então, foi obtido junto a empresa o tempo disponível da linha para a resserragem de reaproveitamento (capacidade teórica). Para a estimativa da capacidade prática, aplicou-se 80% (KAPLAN; ANDERSON, 2007) e 70% (cenário pessimista) sobre a capacidade teórica.

3.8 Receitas

Para o cálculo das receitas do Tratamento 1, foram considerados os recursos provenientes da comercialização da madeira serrada e da serragem

oriundas da resserragem de reaproveitamento de costaneiras, conforme a Equação 14. Não foi computada a receita oriunda dos cavacos produzidos com os resíduos da resserragem de reaproveitamento das costaneiras (refilos e aparas). Isso porque esta receita já existiria no modelo sem reaproveitamento (Tratamento 2), portanto, não poderia ser considerada como receita adicional, conforme a premissa adotada e explicada na seção 3.3.

$$RBT_1 = VT_{MS} * R\$_{MS} + VT_S * R\$_S \quad (14)$$

Em que – RBT_1 : receita bruta do Tratamento 1 (R\$); VT_{MS} : volume total de madeira serrada da resserragem de reaproveitamento (m^3); $R\$_{MS}$: valor de comercialização da madeira serrada (R\$/ m^3); VT_S : volume total de serragem a granel da resserragem de reaproveitamento (m^3); $R\$_S$: valor de comercialização da serragem (R\$/ m^3).

No cálculo das receitas, foram adotados os valores de comercialização de madeira serrada e de serragem praticados pela empresa, R\$ 350,00/ m^3 e R\$ 5,00/ m^3 do granel, respectivamente. Os volumes totais de madeira serrada e de serragem do granel foram obtidos nos cálculos da análise da capacidade produtiva (seção 3.5).

Para o cálculo das receitas do Tratamento 2, foram considerados apenas os recursos provenientes da comercialização dos cavacos produzidos com volume equivalente ao de madeira serrada mais serragem, ambos produzidos na resserragem de reaproveitamento, conforme a premissa adotada e explicada na seção 3.3. Para tanto, foi utilizada a Equação 15.

$$RB_{T2} = VT_C * R\$_C \quad (15)$$

Em que – RB_{T2} : receita bruta do Tratamento 2 (R\$); VT_C : volume a granel total de cavacos (m^3); $R\$_C$: valor de comercialização dos cavacos (R\$/ m^3 do granel).

Para o cálculo das receitas, foi adotado o preço de comercialização dos cavacos praticados pela empresa (R\$ 15,00/ m^3 do granel). Por causa da volatilidade do mercado de energia de biomassa no Brasil, também foram testados dois cenários alternativos: i) otimista (R\$ 20,00/ m^3) e; ii) pessimista (R\$ 10,00/ m^3). O volume a granel total de cavacos foi obtido no cálculo da análise da capacidade produtiva (seção 3.5).

Como a madeira serrada de eucalipto foi oriunda de toras de pequenos diâmetros, formada basicamente por lenho juvenil, trata-se de um material de baixo valor agregado. Além disso, não é conduzido o processo de secagem natural da madeira de forma intencional, indicando que não há agregação de valor. Como as demais empresas possuem produtos no mesmo padrão de qualidade, isso faz com que o mercado desse padrão de madeira serrada possa ser considerado um mercado em concorrência perfeita, em que nenhum participante tem capacidade produtiva suficiente para ter o poder de definir o preço de um produto homogêneo.

Logo, não foi realizada uma variação do preço de comercialização da madeira serrada, sendo utilizada a Equação 16 para o cálculo das receitas líquidas de ambos os tratamentos.

$$RL_{Ti} = RB_{Ti} - Impostos \quad (16)$$

Em que – RL_T : receita líquida do Tratamento i (R\$); RB_T : receita bruta do Tratamento i (R\$); Impostos: percentagem de tributo incidido sobre produtos industrializados – IPI (9%).

3.9 Viabilidade econômica

Para a análise da viabilidade econômica da resserragem de reaproveitamento de costaneiras, foram comparados os valores do lucro proveniente dos dois tratamentos, conforme a Equação 17.

$$VE = (RL_{T1} - CT_{T1}) - (RL_{T2} - CT_{T2}) \quad (17)$$

Em que – VE : viabilidade econômica, ganho financeiro (R\$); RL_{T1} : receita líquida do Tratamento 1 (R\$); CT_{T1} : custo total do Tratamento 1 (R\$); RL_{T2} : receita líquida do Tratamento 2 (R\$); CT_{T2} : custo do Tratamento 2 (R\$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Comparação do rendimento

O comprimento e o diâmetro médios das toras do Tratamento 1 foram de 2,42 m e de 26,8 cm, respectivamente. As toras foram desdobradas em tábuas de dimensões médias iguais a 25,3 x 155,6 mm (espessura e largura) e as costaneiras foram reaproveitadas em tábuas de dimensões médias iguais a 26,2 x 110,0 mm (espessura e largura).

O comprimento e o diâmetro médios das toras do Tratamento 2 foram de 2,42 m e de 26,4 cm, respectivamente. As toras foram desdobradas em tábuas de dimensões médias iguais a 25,1 x 154,1 mm (espessura e largura) e as costaneiras foram transformadas em cavacos pelo picador. Em ambos os tratamentos o comprimento das tábuas foi igual ao das toras porque não foi realizado o destopamento secundário.

Na Tabela 1 encontram-se os resultados do rendimento em madeira serrada e da porcentagem de resíduos por tratamento, antes da resserragem de reaproveitamento das costaneiras (Tratamento 1) e da produção de cavacos (Tratamento 2).

Tabela 1 – Rendimento em madeira serrada antes da resserragem de reaproveitamento das costaneiras

Estatísticas	Madeira serrada (%)		Serragem (%)		Costaneiras (%)	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Mínimo	35,77	33,85	9,11	8,35	44,24	36,18
Média	40,31	40,11	10,02	9,98	49,68	49,90
	(6,42%)	(11,3%)	(5,50%)	(10,3%)	(6,29%)	(11,2%)
Máximo	44,82	51,34	10,94	12,48	55,12	57,81

T1: Tratamento 1. T2: Tratamento 2. Números entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação.

Fonte: O autor (2019).

Os resultados da Tabela 1 expressam o desdobro das toras sem o efeito dos tratamentos. A diferença entre as médias absolutas de madeira serrada, serragem e costaneiras entre os tratamentos foram, respectivamente, de 0,20 pontos percentuais (p.p.), 0,04 p.p. e 0,22 p.p. Ou seja, as diferenças foram pequenas e expressam o bom controle do diâmetro das toras e do modo de processamento dos conjuntos de toras de ambos os tratamentos. Assegurou-se, dessa forma, que esses efeitos não interfeririam nos resultados.

Destaca-se o volume das costaneiras, representando cerca de 50% do volume sem casca das toras. Como o custo da matéria-prima é um dos maiores nas serrarias e o volume de costaneiras é expressivo, de forma intuitiva a gerência realiza a resserragem de reaproveitamento, fazendo com que essa operação seja comum nas serrarias, principalmente as de pequeno e médio portes.

Na Tabela 2 encontram-se os resultados do rendimento em madeira serrada e da porcentagem de resíduos por tratamento, após a resserragem de reaproveitamento das costaneiras (Tratamento 1) e a produção de cavacos (Tratamento 2).

Tabela 2 – Rendimento em madeira serrada após a resserragem de reaproveitamento das costaneiras

Estatísticas	Madeira serrada (%)		Serragem (%)		Refilos e aparas (%)	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Mínimo	44,99	33,85	11,36	8,35	24,52	0,00
Média	55,12 a (8,3%)	40,11 b (11,3%)	13,15 (7,2%)	9,98 (10,3%)	31,74 (17,1%)	0,00
Máximo	60,55	51,34	14,93	12,48	43,66	0,00

T1: Tratamento 1. T2: Tratamento 2. Números entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação.

Fonte: O autor (2019).

Antes da aplicação do teste t de Student aos resultados do rendimento em madeira serrada dos dois tratamentos (Tabela 2), utilizou-se o teste F para comparação da homogeneidade das variâncias das duas populações independentes. Não houve diferença significativa entre as variâncias das populações ($F_c = 1,002$; $F_{\text{tabelado}} = 2,686$). Conforme o teste t de Student, as

médias de rendimento em madeira serrada dos tratamentos diferiram significativamente ($t_c = 9,96$; $t_{\text{Tabelado}} = 8,197$).

O rendimento em madeira serrada do Tratamento 1 foi maior do que do Tratamento 2, em cerca de 15 p.p., o que era esperado por causa da resserragem de reaproveitamento das costaneiras. O rendimento do Tratamento 1 está dentro do esperado para a madeira de folhosas (ROCHA, 2002; VITAL, 2008) e foi similar ao reportado por outros autores para madeira de *Eucalyptus* sp. processada na mesma Microrregião (BATISTA et al., 2015).

Comparando-se os resultados do Tratamento 1 mostrados nas Tabelas 1 e 2, nota-se que o rendimento em madeira serrada e a quantidade de serragem aumentaram em 14,81 p.p. e 3,13 p.p., respectivamente, por causa da resserragem de reaproveitamento das costaneiras. A serragem aumentou em decorrência dos fios de corte da serra de fita de reaproveitamento (espessura de corte da lâmina denteada igual a 2,76 mm) e da serra circular múltipla refiladeira (espessura de corte dos discos denteados igual a 4,02 mm).

O volume das costaneiras (49,68%) deu origem a um volume menor (31,74%) de refilos e aparas, mas ainda assim expressivo em comparação ao volume total. Essa diferença (17,94 p.p.) equivale ao acréscimo de madeira serrada e serragem (14,81 + 3,13 p.p.). Os refilos e aparas foram transformados em cavacos, porém não foram contabilizados nas receitas e custos do Tratamento 1, conforme a premissa adotada e explicada na seção 3.3.

Comparando-se os resultados do Tratamento 2 mostrados nas Tabelas 1 e 2, nota-se que não houve alteração no rendimento em madeira serrada e nem na produção de serragem. Também não houve produção de refilos e aparas porque as costaneiras foram transformadas em cavacos.

Apenas a diferença de 17,94 p.p. (equivalente ao acréscimo de madeira serrada e serragem da resserragem de reaproveitamento de costaneiras do Tratamento 1) foi considerada nas receitas e custos de produção de cavacos do Tratamento 2, conforme a premissa adotada e explicada na seção 3.3. O coeficiente de conversão de volume sólido de costaneiras para volume a granel de cavacos foi igual a 2,95.

Na Tabela 3 encontram-se os resultados de uma análise realizada especificamente para a resserragem de reaproveitamento das costaneiras dos Tratamento 1. Para o cálculo do rendimento em madeira serrada utiliza-se o

volume sem casca de toras no numerador da equação (Equação 5) equivalente a 100% do volume; nos resultados da Tabela 3 utilizou-se o volume das costaneiras reaproveitadas.

Tabela 3 – Tratamento 1: análise do rendimento em madeira serrada e resíduos da resserragem de reaproveitamento de costaneiras

Estatísticas	Madeira serrada (%)	Serragem (%)	Outros (%)
Mínimo	9,73	2,45	47,01
Média	29,91	6,75	63,34
Máximo	44,06	9,88	87,82
Coeficiente de variação	269,59	68,23	185,48

Em que – T1: Tratamento 1; T2: Tratamento 2; Outros: aparas, refilos e costaneiras não resserradas

Fonte: O autor (2019).

A resserragem de reaproveitamento das costaneiras do Tratamento 1 proporcionou um rendimento médio em madeira serrada igual a 29,91% e 70,09% de resíduos. As costaneiras representaram a maior porcentagem de resíduos das toras após o desdobro, o que pode ser visto na Tabela 1, o que leva a resserragem de reaproveitamento. Contudo, ainda assim, a fração de resíduos resultante ainda é expressiva, criando-se a opção de comercialização da serragem e dos cavacos (produzidos dos refilos, aparas e costaneiras não resserradas).

Nota-se grande amplitude entre as toras no rendimento em madeira serrada (34,33 p.p.), serragem (7,43 p.p.) e outros resíduos (40,41 p.p.), resultando em elevados coeficientes de variação. Isso é explicado porque, em alguns casos, das quatro costaneiras produzidas por tora, apenas uma tem dimensões adequadas para a resserragem de reaproveitamento. Em outros casos, as quatro são reaproveitadas. O uso da serra circular múltipla resserradeira (dois eixos) induz a esse resultado, porque se trata de uma máquina com capacidade de produção de mais tábuas no processamento do semibloco, produzindo-se duas costaneiras (últimas) pouco espessas. As

costaneiras com maior potencial para a resserragem de reaproveitamento são as duas primeiras, produzidas no desdobro primário com a serra de fita geminada.

Destaca-se que a classe diamétrica avaliada foi adotada por indicação da gerência, por ser uma das que produzem mais costaneiras com potencial de resserragem de reaproveitamento. Essa análise reforça a hipótese inicial da pesquisa, de maior viabilidade do uso das costaneiras na produção de cavacos para biomassa em comparação com a resserragem de reaproveitamento, nas condições avaliadas (madeira de *Eucalyptus* sp. com baixo valor de mercado, principalmente em toras com diâmetros menores que 25 cm).

4.2 Capacidade produtiva

4.2.1 Tratamento 1

Para o cálculo da produtividade, foi utilizado o tempo de processamento obtido na etapa de tempo de execução das atividades (seção 3.7). Foram necessários 23 minutos para a resserragem de reaproveitamento de 80 costaneiras (1,36110 m³), resultando em uma produtividade igual a 0,05918 m³/minuto.

Nos cálculos da produção de madeira serrada e serragem, foram utilizados os dados obtidos na etapa de capacidade prática dos recursos fornecidos – CPRF (seção 3.7). A capacidade teórica da resserragem de reaproveitamento de costaneiras foi obtida junto a empresa e totalizou 154 h/mês, correspondente a 70% do total de horas trabalhados em um mês (220 h). Na Tabela 4 encontram-se os resultados de CPRF para os dois cenários analisados.

Tabela 4 –Variação da CPRF nos dois cenários avaliados

Capacidade teórica (h/mês)	Cenário	CPRF	
		(h/mês)	(min/mês)
154	TDABC – 80%	123,2	7.392
	Pessimista – 70%	107,8	6.468

Fonte: O autor (2019).

Na Tabela 5 encontram-se os valores de produção de madeira serrada e serragem do Tratamento 1 variando-se a CPRF para os dois cenários (Tabela 4) e considerando-se 100% de toras pertencentes a classe diamétrica de 25-28 cm no estoque do pátio.

Tabela 5 – Análise da variação da produção da resserragem de reaproveitamento de costaneiras para os dois cenários de CPRF

CPRF= 80%				
Produtividade (m ³ /min)	CPRF (min)	Produção (m ³)	Madeira serrada (m ³)	Serragem (m ³)
0,05918	7.392	437,44436	130,82123	29,53438
CPRF= 70%				
Produtividade (m ³ /min)	CPRF (min)	Produção (m ³)	Madeira serrada (m ³)	Serragem (m ³)
0,05918	6.468	382,76381	114,46858	25,8425

Fonte: O autor (2019).

À medida que se reduz a CPRF, reduz-se também a produção de madeira serrada e serragem. A redução da CPRF em 10 p.p. resulta em uma redução de 12,50% da produção.

Na Tabela 6 encontram-se os valores de produção de madeira serrada e serragem do Tratamento 1, para os dois cenários de CPRF. Contudo, variou-se a porcentagem de toras da classe diamétrica avaliada (25-28 cm) no estoque do pátio.

Assim como ocorre com a redução da CPRF, à medida que se reduz a porcentagem de toras da classe diamétrica de 25-28 cm no estoque do pátio, também se reduz a produção de madeira serrada e serragem. A cada 10 p.p. de redução de toras tem-se a perda de 10,00% de produção.

Tabela 6 – Variação da produção de madeira serrada e serragem em função da porcentagem de toras na classe diamétrica de 25 a 28 cm

Toras (%)	CPRF= 80%		CPRF= 70%	
	Madeira serrada (m³)	Serragem (m³)	Madeira serrada (m³)	Serragem (m³)
100	130,82123	29,53438	114,46858	25,84259
90	117,73911	26,58095	103,02172	23,25833
80	104,65698	23,62751	91,57486	20,67407
70	91,57486	20,67407	80,12800	18,08981
60	78,49274	17,72063	68,68115	15,50555
50	65,41062	14,76719	57,23429	12,92129
40	52,32849	11,81375	45,78743	10,33703
30	39,24637	8,86032	34,34057	7,75278
20	26,16425	5,90688	22,89372	5,16852
10	13,08212	2,95344	11,44686	2,58426
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Fonte: O autor (2019).

4.2.2 Tratamento 2

Na Tabela 7 encontram-se os valores de produção de cavacos do Tratamento 2, variando-se a porcentagem de toras pertencentes a classe diamétrica de 25-28 cm no estoque do pátio. Foram utilizados os mesmos cenários de CPRF (80% e 70%).

Da mesma forma que os valores de produção do Tratamento 1 (Tabela 6), à medida em que se reduz a CPRF e a porcentagem de toras, também ocorre redução na produção de cavacos. Com a redução de 10 p.p. da CPRF, ocorre uma redução de 12,50% da produção e a cada 10 p.p. de redução de toras, tem-se a perda de 10,00% de produção.

Tabela 7 – Variação da produção de cavacos em função da porcentagem de toras na classe diamétrica de 25 a 28 cm

Toras (%)	CPRF= 80%		CPRF= 70%	
	Madeira serrada + serragem (m³) do Tratamento 1	Volume a granel de cavacos (m³)	Madeira serrada + serragem (m³) do Tratamento 1	Volume a granel de cavacos (m³)
100	160,35561	473,00815	140,31116	413,88213
90	144,32005	425,70733	126,28005	372,49392
80	128,28449	378,40652	112,24893	331,10570
70	112,24893	331,10570	98,21781	289,71749
60	96,21337	283,80489	84,18670	248,32928
50	80,17781	236,50407	70,15558	206,94106
40	64,14225	189,20326	56,12447	165,5528
30	48,10668	141,90244	42,09335	124,16464
20	32,07112	94,60163	28,06223	82,77643
10	16,03556	47,30081	14,03112	41,38821
0	0,0000	0,0000	0,000	0,000

Fonte: O autor (2019).

4.3 Custos de produção

4.3.1 Tratamento 1

Com base nos dados obtidos na mensuração do tempo de execução da atividade, foi elaborada a Equação 18. À medida que surjam atividades (por exemplo, a velocidade de avanço da máquina) que possam afetar o tempo da resserragem de reaproveitamento ($\beta_{1,p}$), elas devem ser incorporadas.

$$T_{\text{Reap}} = 17,25 + \beta_1 . X_1 + \dots + \beta_p . X_p \quad (18)$$

Em que – T_{Reap} : tempo requerido para executar a resserragem de reaproveitamento de costaneiras (s); 17,25: tempo da resserragem de reaproveitamento de uma costaneira (s); $\beta_{1,p}$: tempo consumido por cada

unidade adicional da subtarefa 1,...,p (s); $X_{1,p}$: número de ocorrências da subtarefa 1, ..., p.

Como o cálculo da viabilidade econômica foi realizado em um espaço temporal mensal, os custos das estimativas do CTCF foram os utilizados para a análise. Isso porque o tempo consumido pela resserragem de reaproveitamento de costaneiras no mês inteiro é igual ao tempo da CPRF.

Para o cálculo do custo da capacidade fornecida por unidade de tempo (C_i), identificou-se todos os custos gerados pela linha de resserragem de reaproveitamento (Tratamento 1). Estes custos e suas variações foram agrupados conforme a Tabela 8, variando-se a CPRF e mantendo-se constante em 100% a quantidade de toras da classe diamétrica avaliada no estoque do pátio.

Tabela 8 – Variação do custo total mensal nos dois cenários de CPRF

CPRF= 80%		
Custos considerados	Custo da serra de fita de reaproveitamento (R\$/mês)	Custo da serra circular refiladeira (R\$/mês)
Depreciação	533,33	0,00
Mão de obra	1.626,74	1.138,72
Energia elétrica	1.268,36	1.244,79
Manutenção	1.533,97	933,78
Insumos	285,71	200,00
Custo de oportunidade	136,50	0,00
Total	11.667,36	
CPRF= 70%		
Custos considerados	Custo da serra de fita de reaproveitamento (R\$/mês)	Custo da serra circular refiladeira (R\$/mês)
Depreciação	533,33	0,00
Mão de obra	1.626,74	1.138,72
Energia elétrica	1.109,81	1.089,19
Manutenção	1.471,47	907,53
Insumos	250,00	175,00
Custo de oportunidade	136,50	0,00
Total	11.203,75	

Fonte: O autor (2019).

À medida em que se reduz a CPRF, reduz-se também os custos mensais de produção de resserragem de reaproveitamento de costaneiras. Com uma redução de 10 p.p. da CPRF ocorre uma redução de 3,97% dos custos de produção.

A redução dos custos (3,97%) é menor que a redução da produção de madeira serrada e serragem (12,50%). Ou seja, ao reduzir-se a CPRF, tem-se uma redução maior da produção (e consequentemente da receita) do que de seus custos, indicando a inviabilidade econômica da operação de resserragem de reaproveitamento de costaneiras. Isso porque os custos fixos representam a maior proporção dos custos.

Na Tabela 9 encontram-se os valores dos custos e suas variações, alterando-se a porcentagem de toras pertencentes à classe diamétrica avaliada. Foram utilizados os mesmos cenários de CPRF (80% e 70%).

Tabela 9 –Variação do custo de produção em função da porcentagem de toras na classe diamétrica de 25 a 28 cm

Toras (%)	Custo (R\$/mês)	
	CPRF= 80%	CPRF= 70%
100	11.667,36	11.203,75
90	11.547,79	11.099,13
80	11.428,22	10.994,50
70	11.308,65	10.889,88
60	11.189,07	10.785,25
50	11.069,50	10.680,63
40	10.949,93	10.576,00
30	10.830,36	10.471,38
20	10.710,79	10.366,75
10	10.591,22	10.262,13
0	10.471,65	10.157,50

Fonte: O autor (2019).

Assim como ocorre com a redução da CPRF, à medida que se reduz a porcentagem de toras da classe diamétrica avaliada, reduz-se também os custos mensais de produção da resserragem de reaproveitamento de costaneiras. Com

uma redução de 10 p.p. de toras ocorre uma redução de 1,02% dos custos de produção.

A redução da porcentagem de toras representa maior redução da produção (12,50%) e, conseqüentemente da receita, do que dos custos de produção (1,02%). Isso indica a inviabilidade econômica da operação de resserragem de reaproveitamento.

4.3.2 Tratamento 2

Na Tabela 10 encontram-se os valores dos custos de produção de cavacos do Tratamento 2, nos dois cenários de CPRF e variando-se a porcentagem de toras da classe diamétrica avaliada. Destaca-se que esse custo refere-se apenas à aquisição das facas do picador, porque é o único diferente em relação ao Tratamento 1.

Tabela 10 – Variação dos custos de produção de cavacos em função da porcentagem de toras

Toras (%)	Custo (R\$/mês)	
	CPRF= 80%	CPRF= 70%
100	189,20	165,55
90	170,28	149,00
80	151,36	132,44
70	132,44	115,89
60	113,52	99,33
50	94,60	82,78
40	75,68	66,22
30	56,76	49,67
20	37,84	33,11
10	18,92	16,56
0	0,00	0,00

Fonte: O autor (2019).

Semelhantemente ao ocorrido nos custos de produção do Tratamento 1, à medida que se reduz a CPRF e a porcentagem de toras pertencentes a classe

diamétrica avaliada, no Tratamento 2 também ocorre uma redução nos custos de produção de cavacos.

4.4 Receitas

As receitas brutas do Tratamento 1 foram obtidas multiplicando-se os valores da produção de madeira serrada (m³) e serragem (m³ do granel) obtidos na análise da capacidade produtiva pelo preço de comercialização dos mesmos. Em seguida, subtraiu-se destes valores os impostos (IPI=9%), gerando-se a receita líquida.

Conforme a premissa adotada e explicada na seção 3.3, o coeficiente de conversão de volume sólido de madeira (fio de corte) para volume a granel de serragem foi igual a 1,62. Na Tabela 11 encontram-se os valores das receitas líquidas em função da variação da CPRF e da porcentagem de toras pertencentes a classe diamétrica avaliada.

Tabela 11 – Variação da receita líquida do Tratamento 1 em função da porcentagem de toras na classe diamétrica de 25 a 28 cm

Toras (%)	Receita líquida (R\$/mês)	
	CPRF= 80%	CPRF= 70%
100	41.884,19	36.648,67
90	37.695,77	32.983,80
80	33.507,35	29.318,93
70	29.318,93	25.654,07
60	25.130,52	21.989,20
50	20.942,10	18.324,33
40	16.763,68	14.659,47
30	12.565,26	10.994,60
20	8.376,84	7.329,73
10	4.188,42	3.664,87
0	0,00	0,00

Fonte: O autor (2019).

Observa-se que, à medida em que se reduz a CPRF e a porcentagem de toras, reduz-se também a receita líquida com a madeira serrada e a serragem. Uma redução de 10 p.p. da CPRF resulta em redução de 12,50% da receita. A cada 10 p.p. de redução da quantidade de toras da classe diamétrica avaliada, ocorre uma redução de 10,00% da receita líquida.

As receitas brutas do Tratamento 2 foram obtidas multiplicando-se os valores da produção de cavacos obtidos na análise da capacidade produtiva pelos preços de comercialização dos mesmos. Em seguida, subtraiu-se destes valores os impostos (9%), gerando-se a receita líquida.

Na Tabela 12 encontram-se os valores das receitas líquidas em função do preço do cavaco e da porcentagem de toras pertencentes a classe diamétrica avaliada, para ambas CPRF. Destaca-se que o preço de venda do cavaco praticado atualmente pela empresa é de R\$ 15,00/m³ do granel.

Semelhantemente ao ocorrido nos valores das receitas do Tratamento 1, à medida em que se reduz a CPRF e a porcentagem de toras da classe diamétrica avaliada, no Tratamento 2 também ocorre uma redução nas receitas da produção de cavacos. Com uma redução de 10 p.p. da CPRF ocorre uma redução de 12,50% da receita líquida e a cada 10 p.p. de redução na porcentagem de toras da classe diamétrica avaliada, ocorre uma redução de 10,00% da receita líquida da produção de cavacos.

O preço de comercialização dos cavacos também influenciou na receita líquida, variando em $\pm 33,33\%$ em relação ao preço atual do cavaco (R\$ 15,00/m³ do granel).

Tabela 12 – Variação da receita líquida do Tratamento 2 em função da porcentagem de toras na classe diamétrica de 25 a 28 cm e do preço do cavaco

Toras (%)	Receita líquida (R\$/mês)					
	CPRF= 80%			CPRF= 70%		
	R\$/m³ do granel					
	10,00	15,00	20,00	10,00	15,00	20,00
100	4.304,37	6.456,56	8.608,75	3.766,33	5.649,49	7.532,65
90	3.873,94	5.810,91	7.747,87	3.389,69	5.084,54	6.779,39
80	3.443,50	5.165,25	6.887,00	3.013,06	4.519,59	6.026,12
70	3.013,06	4.519,59	6.026,12	2.636,43	3.954,64	5.272,86
60	2.582,62	3.873,94	5.165,25	2.259,80	3.389,69	4.519,59
50	2.125,19	3.228,28	4.304,37	1.883,16	2.824,75	3.766,33
40	1.721,75	2.582,62	3.443,50	1.506,53	2.259,80	3.013,06
30	1.291,31	1.936,97	2.582,62	1.129,90	1.694,85	2.259,80
20	860,87	1.291,31	1.721,75	753,27	1.129,90	1.506,53
10	430,44	645,66	860,87	376,63	564,95	753,27
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: O autor (2019).

4.5 Viabilidade econômica

Para a análise da viabilidade econômica da resserragem de reaproveitamento de costaneiras, foram comparados os valores do lucro proveniente dos dois tratamentos. Na Tabela 13 encontra-se a variação do lucro em função da variação da porcentagem de toras (25 a 28 cm de diâmetro) e do preço do cavaco, para as CPRF de 80% e 70%. Os resultados podem ser melhor visualizados nas Figuras 6 e 7, respectivamente para CPRF= 80% e CPRF= 70%.

Conforme os resultados da Tabela 13, a viabilidade da resserragem de reaproveitamento das costaneiras é maior para um preço menor dos cavacos, porque se favorece a venda de madeira serrada (e serragem) obtida da resserragem de reaproveitamento. O mesmo é verdadeiro para a produção de cavacos à medida que o preço de venda do cavaco aumente.

Para a CPRF de 80%, a resserragem de reaproveitamento das costaneiras é viável a partir do ponto em que 29%, 31% e 33% das toras pertençam à classe diamétrica avaliada, respectivamente para os preços de m³ do granel de cavaco iguais a R\$ 10,00 (cenário pessimista), R\$ 15,00 (praticado atualmente) e R\$ 20,00 (cenário otimista).

Para a CPRF de 70%, a resserragem de reaproveitamento das costaneiras é viável a partir do ponto em que 32%, 34% e 36% das toras pertençam à classe diamétrica avaliada, respectivamente para os preços de m³ do granel de cavaco iguais a R\$ 10,00 (cenário pessimista), R\$ 15,00 (praticado atualmente) e R\$ 20,00 (cenário otimista).

Segundo informações da gerência da empresa, a porcentagem de toras pertencentes à classe diamétrica de 25 a 28 cm no estoque do pátio é de cerca de 30%, portanto, superior ao ponto de equilíbrio econômico (ponto em que as receitas totais das vendas são iguais aos custos totais) apenas para a condição de R\$ 10,00 m³ do granel do cavaco na CPRF de 80%. Destaca-se que o preço praticado atualmente é de R\$ 15,00/m³ do granel de cavacos.

Conforme dados da CEDAGRO (2011), apenas cerca de 26% das toras de *Eucalyptus* spp. disponíveis nas serrarias do estado do Espírito Santo têm diâmetros maiores que 25 cm. Esse resultado está condizente com o informado

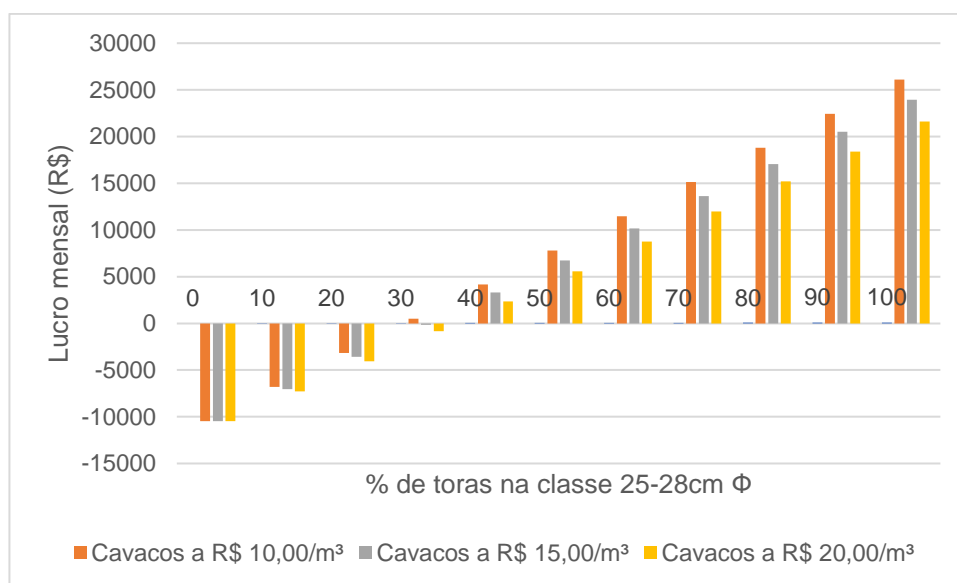
pela gerência da empresa. Em suma, é comum a indisponibilidade de toras de *Eucalyptus* de grandes diâmetros e que proporcionariam costaneiras com dimensões viáveis para a resserragem de reaproveitamento.

Tabela 13 – Variação do lucro obtido com a resserragem de reaproveitamento de costaneiras

Viabilidade econômica (R\$/mês)						
Toras (%)	CPRF= 80%			CPRF= 70%		
	R\$/m³ do granel					
	10,00	15,00	20,00	10,00	15,00	20,00
100	26.101,66	23.949,47	21.608,08	21.844,14	19.960,98	18.077,81
90	22.444,33	20.507,36	18.400,11	18.643,98	16.949,13	15.254,28
80	18.787,00	17.065,25	15.192,14	15.443,81	13.937,28	12.430,75
70	15.129,67	13.623,14	11.984,17	12.243,65	10.925,43	9.607,22
60	11.472,34	10.181,03	8.776,19	9.043,48	7.913,59	6.783,69
50	7.815,01	6.738,91	5.568,22	5.843,32	4.901,74	3.960,16
40	4.157,68	3.296,80	2.360,25	2.643,16	1.889,89	1.136,62
30	500,35	-145,31	-847,73	-557,01	-1.121,96	-1.686,91
20	-3.156,98	-3.587,42	-4.055,70	-3.757,17	-4.133,81	-4.510,44
10	-6.814,32	-7.029,53	-7.263,67	-6.957,34	-7.145,65	-7.333,97
0	-10.471,65	-10.471,65	-10.471,65	-10.157,50	-10.157,50	-10.157,50

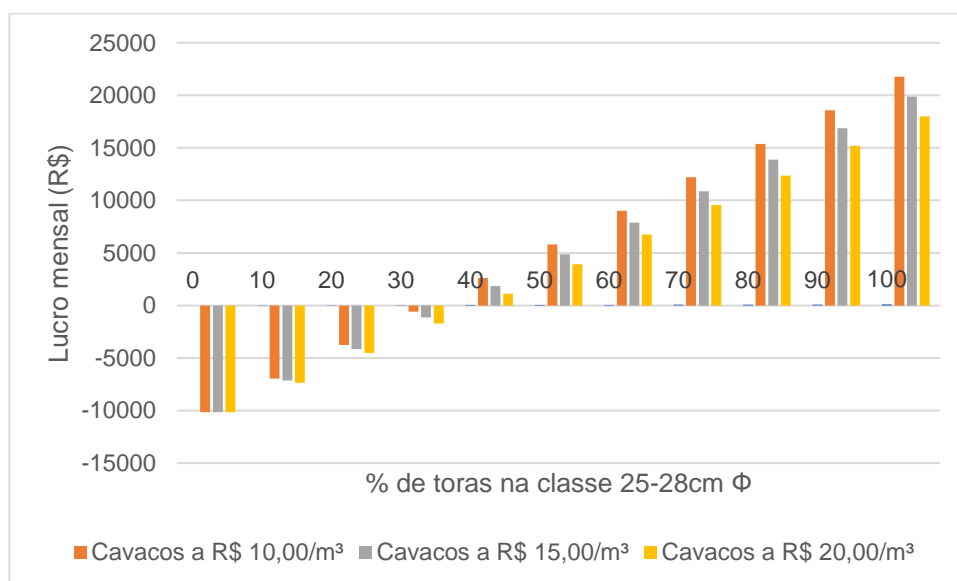
Fonte: O autor (2019).

Figura 6 – CPRF= 80%: gráfico do lucro obtido com a resserragem de reaproveitamento de costaneiras



Fonte: O autor (2019)

Figura 7 – CPFR= 70%: gráfico do lucro obtido com a resserragem de reaproveitamento de costaneiras



Fonte: O autor (2019)

5. CONCLUSÕES

Na condição atual da serraria, a resserragem de reaproveitamento das costaneiras é inviável economicamente, em função das seguintes considerações: i) a serraria não possui um sistema de classificação de toras; ii) a proporção de toras na classe diamétrica de 25-28 cm é de cerca de 30%; iii) o preço de venda dos cavacos é de R\$ 15,00/m³ do granel.

Na condição atual, a resserragem de reaproveitamento das costaneiras seria viável economicamente apenas na CPRF de 80% e com o menor preço dos cavacos (R\$ 10,00/m³ do granel).

O favorecimento da viabilidade econômica da resserragem de reaproveitamento das costaneiras ocorrerá nas situações de maiores CPRF, menores preços de venda dos cavacos e maiores porcentagens de toras (tendendo a 100%) da classe diamétrica de 25-28 cm.

O método TDABC foi eficiente para a mensuração dos custos e da viabilidade econômica da resserragem de reaproveitamento de costaneiras, sendo de simples aplicação e trouxe informações importantes para o gerenciamento do processo.

As médias de rendimento sem casca em madeira serrada, costaneiras e serragem da serraria foram de 40,21%, 49,79% e 10,00%, respectivamente.

A resserragem de reaproveitamento de costaneiras resultou em aumento no rendimento em madeira serrada e produção de serragem, de cerca de 15 p.p. e 3,1 p.p., respectivamente.

O volume das costaneiras resserradas resultou em 63,34% de refilos, aparas e costaneiras não reaproveitáveis, 29,91% de madeira serrada e 6,75% de serragem.

6. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se a realização de um estudo de tempo da operação de resserragem de reaproveitamento de costaneiras, para a determinação da CPRF exata, uma vez que esta medida possui grande interferência no cálculo dos custos e das receitas.

Para maior exatidão das informações do sistema de custeio TDABC, recomendam-se: i) a implementação de um equipamento medidor de consumo de energia elétrica nas máquinas de desdobro e no picador; ii) elaboração de uma carta de controle especificamente na área de manutenção. Dessa forma, serão obtidas melhores informações dos custos dos insumos (principalmente das peças de reposição) e da mão de obra referentes ao mecânico e ao operário que realiza a manutenção das ferramentas de corte (laminador).

São conhecidos os benefícios da classificação diamétrica de toras na produção de madeira serrada, porque resulta em aumento do rendimento e da eficiência operacional, além de facilitar o planejamento da produção (tipos de produtos e processamento dos resíduos). Por isso, sugere-se um estudo de viabilidade econômica da implementação de um sistema de classificação de toras na empresa. Dessa forma, seria mais fácil para a gerência decidir pela resserragem de reaproveitamento de costaneiras ou produção de cavacos, conforme a classe diamétrica mais apropriada. Além disso, seria mais fácil definir modelos de corte apropriados às diferentes classes diamétricas.

Recomenda-se a implementação do TDABC para todos os produtos da serraria. Isso porque os diferentes produtos (sarrafos, ripas, tábuas, caibros, por exemplo) possuem diferentes custos (por causa dos diferentes modos de produção – modelos de corte, operações de desdobro, classes diamétricas apropriadas) e preços de mercado.

7. REFERÊNCIAS

- ABBAS, K.; GONÇALVES, M. N.; LEONCINE, M. Os métodos de custeio: vantagens, desvantagens e a sua aplicabilidade nos diversos tipos de organizações apresentadas pela literatura. **ConTexto**, Porto Alegre, v. 12, n. 22, p. 145–159, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE – ABIMCI. **Estudo setorial da ABIMCI** – Ano Base 2008. Curitiba, 2009. 48p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE – ABIMCI. **Estudo setorial da ABIMCI** – Ano Base 2015. Curitiba, 2016. 142p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6922**: ensaios físicos determinação da massa específica (densidade a granel). Rio de Janeiro, 1981.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7203**: madeira serrada e beneficiada. Rio de Janeiro, 1982.
- ALMEIDA, A. N. et al. Análise de factores que influenciam o preço da madeira em tora para processamento mecânico no paraná. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 2, p. 243–250, 2010.
- ALMEIDA, A. N.; SILVA, J. C. G. L.; ANGELO, H. Infraestrutura brasileira para produção de madeira serrada de reflorestamento. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, p. 449-456, 2014.
- ANJOS, R. A. M.; FONTE, A. P. N. Rendimento de madeira serrada de espécies de *Eucalyptus*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 16, n. 1, p. 26–32, 2017.
- BARROSO, P. **Proposta de implementação do método Time-Driven Activity Based-Costing (TDABC) numa microempresa portuguesa**. 2015. 62 f. Dissertação (Mestrado em Contabilidade e Controle de Gestão) – Faculdade de Economia da Universidade do Porto, Porto, 2015.
- BATISTA, D. C. et al. Desempenho operacional de uma serraria de pequeno porte do Município de Alegre, Espírito Santo, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 3, p. 487–496, 2015.
- BIASI, C. P.; ROCHA, M. P. Rendimento em madeira serrada e quantificação de resíduos para três espécies tropicais. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n.1, p. 95-108, 2007.

BRASIL. Lei nº 11.638, de 28 de dezembro de 2007. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF.

BRUGGEMAN, W.; ANDERSON, S. R.; LEVANT, Y. Modeling logistics costs using TimeDriven ABC: a case in a distribution company. **Working Papers of Faculty of Economics and Business Administration**, Ghent University, Belgium 05/332, Ghent University, Faculty of Economics and Business Administration, 2005.

CARVALHO, D. E. **Melhoria no desdobro em uma serraria de eucalipto para madeira destinada a construção**. 2016. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

COOPER, R. You need a new cost system when... **Harvard Business Review**, Massachusetts, v. 67, n. 1, p. 77–82, 1989.

COOPER, R., KAPLAN, R. S. Profit priorities from Activity-Based Costing. **Harvard Business Review**, Massachusetts, v. 69, n. 3, p. 130 - 135, 1991.

CUNHA A.B. et al. Avaliação do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus benthamii* e de *Eucalyptus grandis* por meio do desdobro tangencial e radial. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 241-250, 2015.

CUNHA, A. B. et al. Rendimento em madeira serrada de *Cupressus lusitanica* Mill por meio do sistema de desdobro tangencial. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 109, p. 205–214, 2016.

DANIELLI, F. E. et al. Modelagem do rendimento no desdobro de toras de *Manilkara* spp. (Sapotaceae) em serraria do estado de Roraima, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 111, p. 641–651, 2016.

DUTRA, R. I. J. P.; NASCIMENTO, S. M.; NUMAZAWA, S. Resíduos de indústria madeireira: caracterização, consequências sobre o meio ambiente e opções de uso. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, v. 5, p. 1678–3867, 2005.

FALK, R. H. **Wood handbook: wood as an engineering material**: Chapter 1 - Wood as a Sustainable Building Material. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório IBÁ 2017**. São Paulo. 2017. 80 p.

KAPLAN, R. S.; ANDERSON, S. R. Time-driven activity-based costing: a simpler and more powerful path to higher profits. **Harvard Business School Press Books**, Massachusetts, v. 82, p. 266, 2007.

KAPLAN, R. S.; ANDERSON, S. R. The innovation of time-driven activity-based costing. **Journal of Cost Management**, Boston, v. 21, p. 5-15, 2007.

KHOURY, C. Y.; ANCELEVICZ, J. Controvérsias acerca do sistema de custo ABC. **Revista Administração de Empresas**, São Paulo, V. 40, n. 1, p. 56-62, 2000.

LEITE, M. R. M. **Caracterização das costaneiras da madeira de eucalipto para uso na indústria moveleira**. 2005. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Rede Temática em Engenharia de Materiais, Belo Horizonte, 2005.

MACHADO, A. M.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba: A. Figueiredo Filho, 2003. 309 p.

MANHIÇA, A. A. **Rendimento e eficiência no desdobro de *Pinus* sp. utilizando modelos de corte numa serraria de pequeno porte**. 2010, 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 371 p.

MELO, L. E. L. et al. Resíduos de serraria no estado do Pará: caracterização, quantificação e utilização adequada. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 1, p. 113–116, 2012.

MELO, R. R. et al. Análise da influência do diâmetro no rendimento em madeira serrada de cambará (*Qualea sp.*). **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 36, n. 88, p. 393, 2017.

MONTEIRO, T. C.; LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F. Energia armazenada nos resíduos do desdobro de toras de *Eucalyptus grandis*. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v.03, n. 01, p. 33-42, 2012.

MULLER, B. V. **Efeito de sistemas de desdobro na qualidade e rendimento de madeira serrada de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage**. 2013. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MURARA JUNIOR, M. I.; ROCHA, M. P.; TRUGILHO, P. F. Estimativa do rendimento em madeira serrada de pinus para duas metodologias de desdobro. **FLORAM - Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica, v 20, n. 04, p. 556-563, 2013.

OLIVEIRA, F. R. **Metodologia de custos em uma empresa automobilística**. 2008. 34 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.

PANUCCI FILHO, L.; ZONATTO, V. C. da S. Mensuração do custo em torno do tempo por meio do TDABC numa indústria de confecções de produção contínua. **Porução em Foco**, Joinville, v. 08, n. 03, p. 597–617, 2018.

ROCHA, M. P. **Tecnologia e planejamento em serrarias**. Edição revista e ampliada. Curitiba: FUPEF, 2002.

RODRIGUES, E. C. **Proposta de implementação do *Time-Driven Activity-Based Costing* numa empresa industrial**. 2014. 62 f. Monografia (Graduação em Contabilidade e Administração) – Instituto Superior de Ciências econômicas e empresariais, Mindelo, 2014.

RODRIGUES, F. Z.; MÜLLER, C. J.; CORRÊA, R. G. F.; DENICOL, J. Aplicação do método de custeio TDABC em uma empresa de prestação de serviços para análise de rentabilidade por cliente. **Porução em Foco**, Joinville, v. 06, n. 01, p. 199–221, 2016.

SALVADOR, F. M. **Desempenho operacional de uma serraria na microrregião polo Linhares, Espírito Santo**. 2013. 29 f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2013.

SANTAROSA, E.; PENTEADO JUNIOR, J. F.; GOULART, I. C. G. dos R. (Ed.). **Cultivo do eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. Brasília-DF: Embrapa Florestas, 2014. 140p.

SILVA, J. G. M. **Desempenho e amostragem do trabalho de uma serraria no município de Alegre, Espírito Santo**. 2010. 52 f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

TIMOFEICZYK JUNIOR, R. **Análise econômica do manejo de baixo impacto em florestas tropicais – um estudo de caso**. 2004. 126 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

VITAL, B. R. **Planejamento e operações de serrarias**. Viçosa: UFV, 2008.